

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-231192

(43)Date of publication of application : 27.08.1999

(51)Int.Cl.

G02B 7/02
G02B 7/00
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 10-031682

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 13.02.1998

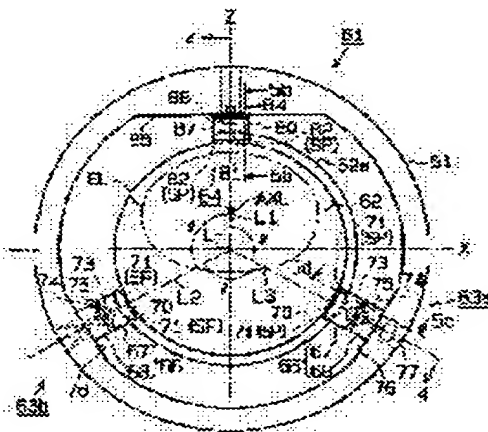
(72)Inventor : IKEDA MASATOSHI

(54) OPTICAL ELEMENT SUPPORTING DEVICE, LENS BARREL AND PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical element supporting device and a lens barrel capable of reducing deflection amount in an optical element and easily securing the optical performance of the optical element, and an aligner capable of accurate projection exposure.

SOLUTION: A vertical format lens supporting device 61 is composed of respective movable supporting parts 63a and 63b engaged with the outer peripheral parts of a lens 62 on a lower side and an upper side in a gravity direction and a fixed supporting part 64. The respective supporting parts 63a, 63b and 64 are arranged at equal angle intervals in the circumferential direction of the lens 62. The load of the lens 62 is supported by both supporting parts 63a and 63b, and the tilt of the lens 62 with the supporting parts 63a and 63b as the center of tilt is regulated by the supporting part 64. The rotation of the lens 62 around a Z-axis is regulated by the cooperation of the supporting parts 63a, 63b and 64.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.02.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

[JP,11-231192,A]

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It has the support device in which an optical axis engages with the periphery section of said optical element by at least three places in the optical element means for supporting which support the optical element prolonged in the gravity direction and the crossing direction. Said support device Optical element means for supporting which have the load-bearing function which supports the load of an optical element, the tilting regulation function which regulates tilting of the optical element which uses the support location of the load of said optical element as the tilting supporting point, and the revolution regulation function which regulates the revolution of the optical element centering on the axis which intersects perpendicularly with said optical axis.

[Claim 2] The lower part supporter with which said support device engages with the gravity direction lower part section of the periphery section of an optical element, While being divided into the upper part supporter which engages with the gravity direction upper part section of the periphery section of an optical element and forming a tilting regulation means to have said tilting regulation function at least in one side of an upper part supporter and a lower part supporter Optical element means for supporting according to claim 1 which established at least a load-bearing means of an upper part supporter and a lower part supporter to have said load-bearing function in another side.

[Claim 3] Either [at least] said upper part supporter or a lower part supporter is the optical element means for supporting according to claim 2 which have the 1st supporter and the 2nd supporter which sets predetermined spacing in the direction of a periphery of an optical element, and is arranged in it to said 1st supporter, and have been arranged so that said 1st supporter and 2nd supporter may become the symmetry to the axis prolonged along the gravity direction.

[Claim 4] Said each supporter is optical element means for supporting according to claim 2 or 3 arranged so that the include angle of the central angle which two adjoining segments make may make regular intervals mostly, when the segment which connects the core and said each supporter of an optical element is supposed.

[Claim 5] When said load-bearing means is formed in said lower part supporter, said 1st and 2nd supporter The axis which intersects perpendicularly with an optical axis in the level surface where the gravity direction carries out said optical element up and down for 2 minutes, Optical element means for supporting according to claim 3 or 4 arranged

so that the ratio of said reaction force in said each point of application may make $\sin\theta$ when the include angle with each segment which connects the core of an optical element and the point of application of the reaction force to the direction of a core of the optical element to the load of the optical element of the 1st and 2nd supporter to make is set to θ .

[Claim 6] Said central angles are optical element means for supporting according to claim 5 which are within the limits of 5 degrees - 60 degrees.

[Claim 7] Optical element means for supporting given in any 1 term of claims 3-6 to which it is placed between said 1st and 2nd supporters by bearing structure between the periphery sections of an optical element.

[Claim 8] Optical element means for supporting given in any 1 term of claims 3-7 by which the accommodation means in the direction of a periphery of an optical element in which migration accommodation is possible was formed in at least one supporter among said 1st and 2nd supporter.

[Claim 9] Said tilting regulation functions are optical element means for supporting given in any 1 term of claims 2-8 attained by the elastic force of the elastic member which has a degree of freedom in the vertical direction of gravity.

[Claim 10] Said tilting regulation functions are the optical element means for supporting according to claim 9 attained by the elastic force of the elastic member which has a degree of freedom in the direction which intersects perpendicularly with gravity while intersecting perpendicularly with the optical axis of an optical element.

[Claim 11] Optical element means for supporting given in any 1 term of claims 2-10 by which a towage means to lead an optical element was formed in said upper part supporter.

[Claim 12] Said upper part supporters are optical element means for supporting according to claim 11 which have the 3rd supporter and the 4th supporter which have been arranged in the location which becomes almost symmetrical to the 1st supporter of said lower part supporter and the 2nd supporter, and the core of an optical element.

[Claim 13] It is the lens-barrel from which said optical element means for supporting were constituted from optical element means for supporting of a publication by any 1 term of said claims 1-12 in the lens-barrel which holds the optical element to which an optical axis extends in the gravity direction and the crossing direction to inner skin through optical element means for supporting.

[Claim 14] It is the aligner with which said optical element was supported in the lens-barrel through optical element means for supporting given in any 1 term of said claims 1-12 in the aligner which has the optical element prolonged in a lens-barrel in

the direction in which an optical axis crosses with the gravity direction.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the optical element means for supporting for supporting optical elements, such as a lens and a reflecting mirror, and the lens-barrel which has an optical element, and the aligner for manufacturing a semiconductor device etc. further.

[0002]

[Description of the Prior Art] Optical elements which constitute the optical system of various optical instruments, such as a lens and a reflecting mirror, are used in the condition of having been supported in the lens-barrel through means for supporting, in many cases.

[0003] What uses the following frames as this kind of optical element means for supporting, for example was known conventionally. That is, as shown in drawing 19 and drawing 20, the frame 151 consists of a receptacle frame 152 in a circle and the snap ring 153 in a circle which can be screwed in the receptacle frame 152. Major diameter 154a and narrow diameter portion 154b are prepared in the opening 154 of said receptacle frame 152. The step 157 corresponding to the configuration of the flange section 156 formed in the periphery of a lens 155 is formed in the boundary part of these major diameter 154a and narrow diameter portion 154b. The inner skin of said major diameter 154a serves as a screwhole 158, and the screw section 159 formed in the peripheral face of said snap ring 153 and screwing of it are attained. And a lens 155 is pinched in a frame 151 by fastening the snap ring 153 in the condition of having made one side face of the flange section 156 of a lens 155 contacting the step 157 of the receptacle frame 152, until it contacts the other side faces of said flange section 156. thereby -- one side face of the flange section 156 of a lens 155 -- winning popularity -- base 157a of the step 157 of a frame 152 -- moreover, the other side faces of said flange section 156 and apical surface 153a of the snap ring 153 -- respectively -- this flange section 156 -- field contact is mostly carried out over the perimeter. And the lens 155 supported with the frame 151 is attached in the lens-barrel of various optical instruments through the fixing metal which is not illustrated.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, it is almost impossible to process base 157a of the step 157 in the both-sides side of the flange section 156 of a lens 155 and the receptacle frame 152 and apical surface 153a of the snap ring 153 on the completely uniform flat surface which does not have surface waviness etc., respectively with a configuration conventionally [said], even if it processes it into a precision how. For this reason, after the lens 155 has been pinched by the frame 151, there is a possibility that most part of the processing tolerance based on the surface waviness of a lens 155, the receptacle frame 152, and the snap ring 153 etc. may concentrate on a lens 155. Such tolerance concentration in a lens 155 produced and cheated out of a different deflection for every lot of a lens 155 which cannot be predicted, and had the problem that there was a possibility of causing lowering of the optical-character ability of a lens 155.

[0005] Every [which has been arranged so that an optical axis may intersect the gravity direction especially] length, with a lens, not only the deflection by the aforementioned tolerance concentration but the unsymmetrical deflection by the self-weight of a lens was added, and there was a problem that there was a possibility that optical-character ability may fall further.

[0006] Moreover, in aligners, such as a stepper which manufactures a semiconductor device, a liquid crystal display component, image sensors (CCD etc.), or the thin film magnetic head by the photolithography method, the precision or a still higher precision of micron order is required as profile irregularity of an optical element among said optical instruments. Therefore, when the deflection which cannot be predicted [above] had arisen in the optical element, while the focal control at the time of exposure became very difficult, troublesome fine adjustment was needed for every equipment, and there was a problem of being troublesome.

[0007] This invention is made paying attention to the trouble which exists in such a Prior art, and that object can reduce the yield of the deflection in an optical element, and is to offer the optical element means for supporting which can secure easily optical-character ability with a high optical element. Moreover, another object of this invention is to offer the lens-barrel which can be held, without causing lowering of that optical-character ability for an optical element. In addition, still more nearly another object of this invention can control lowering of the optical-character ability of an optical element, and is to offer the aligner in which projection exposure of high degree of accuracy is possible.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, in

invention of claim 1 In the optical element means for supporting (61 91,106,111) which support the optical element (62) to which an optical axis (AX2) extends in the gravity direction and the crossing direction It has the support device (63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93,107a, 107b, 112a, 112b) which engages with the periphery section (62a) of said optical element (62) by at least three places. Said support device (63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93,107a, 107b, 112a, 112b) The load-bearing function which supports the load of an optical element (62), and the tilting regulation function which regulates tilting of the optical element (62) which uses the support location of the load of said optical element (62) as the tilting supporting point, It is making into the summary to have the revolution regulation function which regulates the revolution of the optical element (62) centering on the axis (Z-axis) which intersects perpendicularly with said optical axis (AX2).

[0009] Therefore, according to invention of claim 1, the periphery section of an optical element is supported by at least three support devices, and does not produce the field contact covering the perimeter of the side face of said optical element between the side face of an optical element, and the supporter of means for supporting. For this reason, a possibility that the processing tolerance of the optical element itself and the supporter of means for supporting may concentrate on an optical element through these supporters is reduced.

[0010] In invention of claim 2, it sets to optical element means for supporting (61 91,106,111) according to claim 1. Said support device (63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93,107a, 107b, 112a, 112b) The lower part supporter which engages with the gravity direction lower part section of the periphery section (62a) of an optical element (62) (63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b), It is divided into the upper part supporter (64, 93,112a, 112b) which engages with the gravity direction upper part section of the periphery section of an optical element. While forming a tilting regulation means (80, 84, 95) to have said tilting regulation function at least in one side of an upper part supporter (64, 93,112a, 112b) and a lower part supporter (63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b) At least a load-bearing means (63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b) of an upper part supporter (64, 93,112a, 112b) and a lower part supporter (63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b) to have said load-bearing function in another side It is making to have prepared into the summary.

[0011] Therefore, according to invention of claim 2, tilting which used the load-bearing means of the optical element as the tilting supporting point is controlled certainly, supporting the weight of an optical element certainly in addition to an operation of invention of claim 1.

[0012] In invention of claim 3, it sets to optical element means for supporting (61

91,106,111) according to claim 2. Either [at least] said upper part supporter (64, 93,112a, 112b) or a lower part supporter (63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b) It has the 1st supporter (63a, 92a, 107a, 112a) and the 2nd supporter (63b, 92b, 107b, 112b) which sets predetermined spacing in the direction of a periphery of an optical element (62), and is arranged in it to said 1st supporter (63a, 92a, 107a, 112a). Said 1st supporter (63a, 92a, 107a, 112a) and 2nd supporter (63b, 92b, 107b, 112b) make it the summary to have been arranged so that it may become the symmetry to the axis (Z-axis) prolonged along the gravity direction.

[0013] Therefore, according to invention of claim 3, in addition to an operation of invention of claim 2, an optical element is supported with sufficient balance to the axis which meets in the gravity direction. In invention of claim 4, it sets to optical element means for supporting (61 91) according to claim 2 or 3. Moreover, said each supporter (63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93) When the segment (L1-L3) which connects the core (LP) and each supporter (63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93) of an optical element (62) is supposed, it is making to have been arranged so that the include angle of the central angle (θ) which two adjoining segments make may make regular intervals mostly into the summary.

[0014] Therefore, according to invention of claim 4, in addition to an operation of claim 2 or invention of three, an optical element is supported with much more sufficient balance. In invention of claim 5, it sets to optical element means for supporting (106 111) according to claim 3 or 4. When a load-bearing means (107a, 107b) is formed in said lower part supporter (107a, 107b), said 1st and 2nd supporter (107a, 107b) The axis which intersects perpendicularly with an optical axis (AX2) in the level surface where the gravity direction carries out said optical element (62) up and down for 2 minutes (X-axis), When the include angle with each segment which connects the core (LP) of an optical element (62) and the point of application (SPa, SPb) of the reaction force (F_a , F_b) to the direction of a core (LP) of the optical element (62) to the load of the optical element (62) of the 1st and 2nd supporter (107a, 107b) to make is set to θ , It is making to have been arranged so that the ratio of said reaction force (F_a , F_b) in said each point of application may make $\sin\theta$ into the summary.

[0015] Therefore, according to invention of claim 5, since distribution of the support load in the 1st and 2nd supporter is distributed in the at best [balance] almost more nearly optimal still condition in addition to an operation of claim 3 or invention of four, an optical element is supported in the condition of having been stabilized more.

[0016] In invention of claim 6, it is making for said central angle (θ) to be within the limits of 5 degrees - 60 degrees into the summary in optical element means for

supporting (61 91,106,111) according to claim 5.

[0017] Here, while the regulation effectiveness by engagement with both supporters becomes small to the revolution of the optical element centering on the axis with which said optical axis and said central angle cross at right angles, and is prolonged in the gravity direction at less than 5 degrees, there is a possibility that an adjoining supporter may interfere. On the other hand, if said central angle exceeds 60 degrees, when using the receptacle member which contacts the periphery section of an optical element in two or more supporting points (it corresponds to said point of application) for each supporter, the supporting point of this receptacle member will exist across said level surface. For this reason, the support effectiveness of the weight of the optical element in that supporting point becomes small, and it becomes easy to concentrate a load on some supporting points.

[0018] On the other hand, according to invention of said claim 6, in addition to an operation of invention of claim 5, the assignment effectiveness of a load [in / both / each supporting point of a receptacle member] that revolution regulation of an optical element is secured is demonstrated efficiently.

[0019] In invention of claim 7, it is making for bearing structure (73, 74, 75,109) to intervene between the periphery sections (62a) of an optical element (62) into the summary at said 1st and 2nd supporter (63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b) in optical element means for supporting (61 91,106,111) given in any 1 term of claims 3-6.

[0020] Therefore, according to invention of claim 7, in addition to an operation of one invention of claims 3-6, the degree of freedom of a relative configuration is produced between an optical element and each supporter, and it becomes absorbable by inclusion of bearing structure about the processing tolerance of each part material, such as the optical element itself and a supporter.

[0021] In invention of claim 8, it is making into the summary to have formed in at least one supporter (107a) the accommodation means (109) in the circumferential direction of an optical element (62) in which migration accommodation is possible in optical element means for supporting (106,111) given in any 1 term of claims 3-7 among said 1st and 2nd supporter (107a, 107b, 112a, 112b).

[0022] Therefore, according to invention of claim 8, in addition to an operation of one invention of claims 3-7, the processing tolerance of each part material, such as the optical element [in / by / to the circumferential direction of an optical element / carrying out migration accommodation / in some supporters / this direction] itself and a supporter, becomes absorbable. Moreover, according to this invention, although heat may be accumulated in an optical element at the time of the exposure light exposure to

an optical element, it becomes absorbable [the thermal expansion of the optical element by such are recording heat].

[0023] In invention of claim 9, said tilting regulation function makes it the summary to have been attained by the elastic force of the elastic member (84 95) which has a degree of freedom in the vertical direction of gravity in optical element means for supporting (61 91,106,111) given in any 1 term of claims 2-8.

[0024] Therefore, according to invention of claim 9, the dimension gap with the optical element and means for supporting which are produced based on the processing tolerance of each part material and change of environmental temperature is absorbable, controlling tilting of an optical element certainly in addition to an operation of one invention of claims 2-8.

[0025] In invention of claim 10, in optical element means for supporting (91) according to claim 9, the optical axis (AX2) of an optical element (62) and said tilting regulation function make it the summary to have been attained by the elastic force of the elastic member (95) which has a degree of freedom in the direction which intersects perpendicularly with gravity while crossing at right angles.

[0026] Therefore, according to invention of claim 10, in addition to an operation of invention of claim 9, said processing tolerance and a dimension gap can be absorbed still more certainly. In invention of claim 11, it is making into the summary to have formed a towage means (116) to lead an optical element (62) in said upper part supporter (64,112a, 112b) in optical element means for supporting (111) given in any 1 term of claims 2-10.

[0027] Therefore, according to invention of claim 11, in addition to an operation of one invention of claims 2-10, also in an upper part supporter, a part or all of weight of an optical element can be supported. Especially with a configuration in which the load-bearing means was formed also in the lower part supporter, while an optical element is ****(ed) in a lower part, it is led from the upper part, and the assignment load in each supporter is reduced further, and the amount of deflections of an optical element is reduced further.

[0028] In invention of claim 12, said upper part supporter (112a, 112b) makes it the summary to have the 3rd supporter (112a) and the 4th supporter (112b) which have been arranged in the location which becomes almost symmetrical to the 1st and 2nd supporter (107a, 107b) of said lower part supporter, and the core (LP) of an optical element (62) in optical element means for supporting (111) according to claim 11.

[0029] Therefore, according to invention of claim 12, in addition to an operation of invention of claim 11, the weight of an optical element can be supported with still more

sufficient balance. In invention of claim 13, said optical element means for supporting (61 91,106,111) make it the summary for optical element means for supporting of a publication to have been consisted of by any 1 term of said claims 1-12 in the lens-barrel (51) which holds the optical element (62) to which an optical axis (AX2) extends in the gravity direction and the crossing direction to inner skin through optical element means for supporting (61 91,106,111).

[0030] Therefore, according to invention of claim 13, an optical element can be held with the optical element means for supporting which have an operation of one invention of claims 1-12, without causing lowering of optical-character ability in the body of a lens-barrel.

[0031] In invention of claim 14, said optical element (62) makes it the summary to have been supported by any 1 term of said claims 1-12 in the lens-barrel through the optical element means for supporting of a publication in the aligner with which an optical axis (AX2) has the optical element (62) prolonged in the gravity direction and the crossing direction in a lens-barrel (51).

[0032] Therefore, according to invention of claim 14, lowering of the optical-character ability of an optical element is controlled by the optical element means for supporting which have an operation of one invention of claims 1-12, and projection exposure of high degree of accuracy is attained.

[0033]

[Embodiment of the Invention] (The 1st operation gestalt) Below, the 1st operation gestalt of this invention is explained based on drawing 1 - drawing 6 .

[0034] In the scanning aligner of so-called step - and - scanning method, this 1st operation gestalt materializes the lens-barrel of this invention to a part of projection optical system while materializing the optical element means for supporting of this invention to lens means for supporting every length.

[0035] First, a scanning aligner (it only considers as an "aligner" hereafter) is explained based on drawing 1 and drawing 2 . As shown in drawing 1 , the aligner 31 consists of the exposure light source 32 for illuminating masks, such as reticle and a photo mask, the illumination-light study system 33 which adjusts exposure light, a mask stage 34 in which said mask is laid, a projection optical system 35 which projects the circuit pattern on the mask illuminated by exposure light on substrates, such as a wafer and a glass plate, and a substrate stage 36 in which said substrate is laid. The part except the exposure light source 32 is contained among these components in the chamber 37 by which temperature, humidity, etc. were controlled by high degree of accuracy. Hereafter, with this operation gestalt, Reticle R is adopted as said mask, Wafer W is adopted as

said substrate, and the example which carries out cutback projection and imprints the circuit pattern on Reticle R for a predetermined cutback scale factor on Wafer W is explained.

[0036] As said exposure light source 32, the ArF excimer laser which emits a laser beam with a wavelength of 193nm, for example is used. The laser beam from the exposure light source 32 is led to the illumination-light study system 33 in said chamber 37 through light guide optical-system 33a.

[0037] Said illumination-light study system 33 is equipped with various lens systems, such as a relay lens, a fly eye lens, and a condenser lens. Moreover, it is constituted by this illumination-light study system 33 including the blind arranged in the pattern side of the reticle R laid on the aperture diaphragm and said mask stage 34, and the location [****].

[0038] Said illumination-light study system 33 sets said mask stage 34 caudad, and it is arranged so that the optical axis of said projection optical system 35 and the mask installation side 41 may cross at right angles. This mask stage 34 is equipped with the mask holder 42 for carrying out installation maintenance of the reticle R. This mask holder 42 is movable in the inside of the level surface by the drive which is not illustrated to Y shaft orientations (it sets to drawing 1 and is the longitudinal direction of space). Moreover, this mask holder 42 is constituted so that jogging of X shaft orientations (direction which intersects perpendicularly with space in drawing 1), and the minute revolution of the circumference of the Z-axis (axis which is parallel to the optical axis of said exposure light EL, and is prolonged along the gravity direction) may be possible.

[0039] The projection optical system 35 is constituted by the cata-dioptric system of the 3 times echo equipped with the reflected light study component 43 and three lens groups 44, respectively. And in case exposure light passes this projection optical system 35, that cross-section configuration is reduced to $1/n$ (n is a forward integer) of predetermined cutback scale factors n by these lens groups. In addition, the configuration of this projection optical system 35 is explained in full detail behind.

[0040] Said substrate stage 36 is equipped with the surface plate 45, the X stage 46 arranged movable at said X shaft orientations, and the Y stage 47 arranged movable at Y shaft orientations. While laying Wafer W, the substrate holder 48 which carries out [the holder] vacuum adsorption and is supported is formed in this Y stage 47. This Y stage 47 is moved to an opposite direction to the mask holder 42 of said mask stage 34 with the velocity ratio which becomes settled according to the cutback scale factor of said projection optical system 35 at the time of scan exposure.

[0041] Next, said projection optical system 35 is explained to a detail. As shown in drawing 2, the projection optical system 35 is equipped with the lens barrel 51 as a lens-barrel which makes the shape of a character of pi, and the 1st which constitutes cutback optical system as a whole - the 3rd lens groups 44a-44c and two or more reflected light study components (a concave mirror or plane mirror) 43a-44c.

[0042] The 1st opening 53 is formed in the reticle R on said mask stage 34 of said lens barrel 51, and the reticle opposed face part 52 which counters. Moreover, the 2nd opening 55 is formed in the wafer W on said substrate stage 36 of said lens barrel 51, and the wafer opposed face part 54 which counters.

[0043] 1st lens group 44a is held in 1st leg 51a of a lens barrel 51, and is constituted by two or more concave lenses, a convex lens, etc. which have the common optical axis AX1 prolonged in accordance with Z shaft orientations under the reticle R. 2nd lens group 44b is held in infestation section 51c of a lens barrel 51, and consists of two or more lenses which have the common optical axis AX2 prolonged along the direction which intersects perpendicularly with said Z-axis. 3rd lens group 44c is held in 2nd leg 51b of a lens barrel 51, and is constituted by two or more concave lenses and the convex lens which have the common optical axis AX3 prolonged in accordance with Z shaft orientations above Wafer W.

[0044] Said 1st lens group 44a sets caudad, and concave mirror 43a which makes a reflected light study component is arranged so that the optical axis may be in agreement with the optical axis AX1 of said 1st lens group 44a. Moreover, 1st plane mirror 43b which similarly makes a reflected light study component is installed in the location of the pupil surface of a projection optical system 35 in the upper part of 1st lens group 44a. Moreover, comparatively large-sized 2nd plane mirror 43c which similarly makes a reflected light study component is installed above 3rd lens group 44c. This 2nd plane mirror 43c is the general reflective mirror which reflects exposure light about 100%. And between those 1st plane mirror 43b and 2nd plane mirror 43c, said 2nd lens group 44b is arranged.

[0045] The 1st gobo 56 prolonged to near the optical axis AX1 of 1st lens group 44a is formed in a part for the infestation section 51c flank of said reticle opposed face part 52. The incidence of the light from the upper part to the right half in drawing 2 of 1st lens group 44a is restricted by this 1st gobo 56. Moreover, the 2nd gobo 57 prolonged to near the optical axis AX2 of 2nd lens group 44b is formed in a part for the bottom flank of the joint of 1st leg 51a of a lens barrel 51, and infestation section 51c. This 2nd gobo 57 is arranged so that it may correspond to the boundary part of 1st lens group 44a and 2nd lens group 44b. And the incidence to 2nd lens group 44b of the excessive reflected light

from the 1st lens 44a side or scattered reflection light is controlled with this 2nd gobo 57. [0046] In addition, the conjugate point K of the wafer W front face about exposure light exists on the optical axis AXL of the exposure light EL between said 1st plane mirror 43b and 2nd lens group 44b by which this projection optical system 35 has been arranged at the pupil surface. Thus, the constituted reflective refraction type projection optical system 35 has a merit, like extent of a raise in numerical aperture (N.A.), reduction of the number of optical elements, and the formation of a laser narrow band is loose compared with a projection optical system refraction type [all].

[0047] Next, optical element means for supporting are constituted and lens means for supporting are explained to a detail every length for supporting said 2nd lens group 44b in infestation section 51c of a lens barrel 51.

[0048] the [of the plurality (here two) as a lower part supporter with which the lens means for supporting 61 engage with the periphery section by the side of the gravity direction lower part of a lens 62 every length as shown in drawing 3 and drawing 4] -- the [1 movable supporter 63a and] -- it consists of 2 movable supporter 63b and a fixed supporter 64 as an upper part supporter which engages with the periphery section by the side of the gravity direction upper part of a lens 62. Each of these supporters 63a, 63b, and 64 set an equiangular distance to the circumferencial direction of a lens 62, and are arranged at it. namely, two or more central angles which the adjoining segments L1-L3 make when the segments L1-L3 which connect the core LP of each supporters 63a, 63b, and 64 and a lens 63 are supposed -- each theta is an equal. the [moreover, / said] -- the [1 movable supporter 63a and] -- the optical axis AX2 of a lens 62 and 2 movable supporter 63b are arranged at $\theta/2$ spacing to the Z-axis as an axis prolonged along the gravity direction while it crosses at right angles. the [namely, / said] -- the [1 movable supporter 63a and] -- 2 movable supporter 63b constitutes the 1st supporter and the 2nd supporter which have been arranged, respectively so that it may become symmetrical to said Z-axis.

[0049] As shown in drawing 3, drawing 4, drawing 5 (c), drawing 5 (d), and drawing 6, said both movable supporters 63a and 63b consist of a receptacle member 67 which engages with the periphery section of said lens 62, a pedestal 68 by which junction maintenance is carried out at the lens barrel 51 as a body of equipment, and bearing structure which intervened among them. Each [these] movable supporters 63a and 63b constitute a load-bearing means to have the function which mainly supports the load based on the weight of a lens 62.

[0050] The slot 70 which extends along with the circumferencial direction of a lens 62 is formed in the center of the opposed face by the side of the lens 62 of said receptacle

member 67, and the circular projected part 71 prolonged so that the slot 70 may be intersected is formed in the ends in the slot 70. Flange section 62a formed in the periphery section of a lens 62 engages with said slot 70, and said circular projected part 71 contacts the peripheral face of flange section 62a of a lens 62. That is, the ridgeline of two circular projected parts 71 is making two or more supporting points SP which set predetermined spacing and exist.

[0051] Moreover, between the medial surface of said slot 70, and the side face of flange section 62a of a lens 62, the packing 72 which becomes with elastic bodies, such as rubber, is infixed. Moreover, the cone-like crevice 73 which constitutes said a part of bearing structure is formed in the center of the opposed face by the side of said lens 62 of the receptacle member 67, and the field of an opposite hand.

[0052] On the other hand, the cone-like crevice 74 which constitutes a part of bearing structure is formed in the center of the field by the side of the lens 62 of said pedestal 68 so that the cone-like crevice 73 of said receptacle member 67 may be countered. And the ball 75 which constitutes a part of bearing structure is infixed among said both cone-like crevices 73 and 74. Moreover, in the field by the side of said lens 62, and the field of an opposite hand, junction immobilization of this pedestal 68 is carried out with a bolt 77 to the support seat 76 formed in the inner skin of a lens barrel 51.

[0053] Here, said ball 75 is arranged mostly in the location corresponding to medium of both the circular projected part 71 of said receptacle member 67. And since both the movable supporters 63a and 63b are arranged to said Z-axis with this at the symmetry as mentioned above, each supporting point SP of each movable supporters 63a and 63b will be arranged to said Z-axis at the symmetry.

[0054] As shown in drawing 3 , drawing 4 , drawing 5 (a), and drawing 5 (b), said fixed supporter 64 is equipped with the engagement section 80 which engages with the periphery section of said lens 62, and the tabular elastic body 84 as an elastic member. And a tilting regulation means to have the function of tilting regulation with these engagement section 80 and the tabular elastic body 84 consists of this operation gestalt.

[0055] The same slot 81 and same circular projected part 82 as an opposed face of the receptacle member 67 of said 1st supporter 63 are formed in the opposed face by the side of the lens 62 of said engagement section 80. Moreover, flange section 62a formed in the periphery section of a lens 62 engages with this slot 81. And between one side face of flange section 62a of a lens 62, and the internal surface of a slot 81, the packing 83 which consists of elastic bodies, such as rubber and a spring, is infixed. Moreover, the side face of another side of flange section 62a and the internal surface of a slot 81 contact directly. Therefore, the side face of another side turns into datum level, and is

constituted.

[0056] Said tabular elastic body 84 is infixed in plate-like between the support seats 85 in which nothing and its longitudinal direction were formed in the optical axis AX2 and this direction of a lens 62 at the inner skin of said engagement section 80 and lens barrel 51. This tabular elastic body 84 is being fixed to the bearing surface of said support seat 85 with the bolt 87 of a couple in those ends while being fixed to said one side face of said engagement section 80, and a reverse side face with the bolt 86 in that center. Moreover, the recess of thread portion 88 which permits the elastic deformation of said tabular elastic body 84 between the screwing locations of both the bolts 87 is cut in the bearing surface of the support seat 85. Thus, while the tabular elastic body 84 has become what has a degree of freedom only in said Z shaft orientations, i.e., the thing in which elastic deformation is possible, migration to an optical-axis AX 2-way is regulated. Thereby, tilting which uses said both movable supportors 63a and 63b of a lens 62 as the tilting supporting point is regulated.

[0057] moreover, it mentioned above -- as -- every length of this -- the lens means for supporting 61 -- the [said / three] -- the [1 movable supporter 63a and] -- 2 movable supporter 63b and the fixed supporter 64 set an equiangular distance, and are arranged. In both the movable supportors 63a and 63b, the weight of a lens 62 is supported upward, and tilting of a lens 62 is regulated in the fixed supporter 64. And junction immobilization of these supportors 63a, 63b, and 64 is carried out at the support seats 76 and 85 of a lens barrel 51. For this reason, a revolution centering on said Z-axis of a lens 62 will also be regulated. That is, said each supportors 63a, 63b, and 64 also constitute a revolution regulation means to have the revolution regulation function of a lens 62.

[0058] Next, actuation of the aligner 31 constituted as mentioned above is explained. If the exposure light EL is irradiated from the exposure light source 32 where alignment of Wafer W and Reticle R is performed as shown in drawing 1 , in case this exposure light EL passes the illumination-light study system 33, a cross-section configuration will be restricted for example, in the shape of a slit by the blind in the illumination-light study system 33. And the exposure light EL made into the shape of this slit illuminates the lighting field of the shape of a slit on the reticle R by which the circuit pattern was drawn through the fly eye lens, the condenser lens, etc. with a uniform illuminance.

[0059] Next, as shown in drawing 2 , incidence of the exposure light EL which penetrated this reticle R is carried out to a projection optical system 35, and 1st lens group 44a is mainly concerned with it, it penetrates a left half part, and results in concave mirror 43a. Here, it is reflected in the direction of incidence, and the

symmetrical direction about the optical axis AX1 of the concave mirror 43a, and the exposure light EL penetrates the right half part of 1st lens group 44a, and results in 1st plane mirror 43b.

[0060] Next, it is reflected by 1st plane mirror 43b, and turns this exposure light EL towards a direction parallel to the optical axis AX2 of 2nd lens group 44b, and 2nd lens group 44b is mainly concerned with it, it penetrates the Johan section, and results in 2nd plane mirror 43c. Then, it is reflected by 2nd plane mirror 43c, and turns this exposure light EL in the direction parallel to the optical axis AX3 of 3rd lens group 44c.

[0061] And 3rd lens group 44c is mainly concerned with this exposure light EL, it penetrates a left half part, and results in the wafer W on the substrate stage 36 through the 2nd opening 55. Thus, in case the projection space image of the circuit pattern on Reticle R penetrates the 1st - the 3rd lens groups 44a-44c, it is reduced by $1/n$ time, and on said wafer W, projection exposure of the circuit pattern on the reduced reticle R is carried out.

[0062] In the case of this exposure, the synchronous scan of the mask holder 42 which carries out installation support of the reticle R, and the substrate holder 48 which carries out installation support of the wafer W is mutually carried out with a predetermined velocity ratio in accordance with said Y shaft orientations at the reverse sense. Thereby, the whole pattern of Reticle R is imprinted by the one-shot field on Wafer W. Such scan exposure is performed by migration of the X stage 46 of the substrate stage 36, and the Y stage 47, carrying out step migration of the wafer W one by one. And the pattern of Reticle R is imprinted by all the shot fields on Wafer W.

[0063] According to this 1st operation gestalt constituted as mentioned above, the following operation effectiveness is done so.

(**) every length of this -- the lens means for supporting 61 -- the [said / three] -- the [1 movable supporter 63a and] -- 2 movable supporter 63b and the fixed supporter 64 set an equiangular distance, and are arranged. And in both the movable supporters 63a and 63b, the weight of a lens 62 is supported upward, and tilting which uses both the movable supporters 63a and 63b of a lens 62 as the tilting supporting point in the fixed supporter 64 is regulated. Furthermore, the revolution of the circumference of the Z-axis which meets in the gravity direction of a lens 62 is also regulated by collaboration of these supporters 63a, 63b, and 64. That is, the lens 62 is certainly held only with three supporters. For this reason, the field contact almost covering all peripheries of a lens 62 is not produced like a configuration before between a lens 62 and the means for supporting which support it.

[0064] for this reason, the flat surface in the supporter of lens 62 self and means for

supporting -- processing tolerance, such as a wave, can reduce a possibility of concentrating on a lens 62, in the support condition of a lens 62. Therefore, while being able to control a possibility that the deflection which cannot be predicted may occur on a lens 62, the profile irregularity of a lens 62 can be secured good and lowering of the optical-character ability of a lens 62 can be controlled.

[0065] (**) Every length of this, in the lens means for supporting 61, in two downward movable supportors 63a and 63b, that weight is supported for a lens 62, and that tilting is regulated in the fixed supporter 64 which is upper one. In this case, an unsymmetrical deflection may be produced in the vertical direction based on the self-weight of a lens 62 [near both the downward movable supportors 63a and 63b].

[0066] However, in the projection optical system 35 of the above reflective refraction molds, the exposure light EL mainly penetrates the Johan section in 2nd lens group 44b which will be in a condition every length like within the limits shown, for example in drawing 3 and drawing 4 with a two-dot chain line, without passing the soffit section which contains near said both movable supportors 63a and 63b. For this reason, that effect is small even if the above deflections arise into the lower part part of a lens 62. Therefore, especially the lens means for supporting 61 are suitable every length of this as lens means for supporting of the projection optical system 35 of a reflective refraction mold.

[0067] (**) this -- length -- every -- a lens -- means for supporting -- 61 -- setting -- a lens -- 62 -- weight -- supporting -- both -- movable -- a supporter -- 63 -- a -- 63 -- b -- the core LP of a lens 62 -- a passage -- the gravity direction -- meeting -- the Z-axis -- receiving -- the symmetry -- becoming -- as -- arranging -- having -- **** . Moreover, it is arranged so that each supporting point SP of both the movable supportors 63a and 63b may become the symmetry to said Z-axis. Therefore, the weight of a lens 62 is supported with sufficient balance, and the yield of an unsymmetrical deflection can be reduced to the horizontal direction of a lens 62.

[0068] (**) With the lens means for supporting 61, the receptacle member 67 which has two supporting points SP (this operation gestalt circular projected part 71) is used for each movable supportors 63a and 63b every length of this. For this reason, the weight of a lens 62 is distributed in each movable supporter 63a and 63b at two supporting points SP. Therefore, it is controlled that the load of a lens 62 concentrates on one point in each movable supporter 63a and 63b, and it can reduce the amount of deflections of the lens [/ near each supporting point SP] 62.

[0069] (**) It is placed between each movable supportors 63a and 63b of the lens means for supporting 61 by bearing structure (it consists of the cone-like crevices 73 and 74

and ball 75 of a couple in this example) every length of this. For this reason, the splash of the receptacle member 67 which made the core BP of a ball 75 the center of oscillation is permitted. That is, in the wearing condition of a lens 62, the degree of freedom of a relative configuration will have arisen between the lens 62 and the pedestal 68. Thereby, the relative location of the receptacle member 67 and a lens 62 is finely tuned automatically so that the peripheral face of flange section 62a of a lens 62 may be met. Therefore, the processing tolerance of each part material of lens 62 self and both the movable supporters 63a and 63b is absorbable with this fine adjustment.

[0070] Moreover, when each movable supporters 63a and 63b are equipped with a lens 62, even if a lens 62 bends with a self-weight and the peripheral face of the flange section 62a deforms slightly, said receptacle member 67 is rocked according to the deformation. Therefore, even if said deformation arises on a lens 62, it can receive with the peripheral face of a lens 62, and the engagement to the supporting point SP of a member 67 can be secured.

[0071] (**) In the lens means for supporting 61, junction immobilization of the fixed supporter 64 is carried out through the tabular elastic body 84 at the lens barrel 51 every length of this. Here, since elastic deformation is difficult in the direction of the optical axis AX2 of a lens 62 (namely, the gravity direction and the direction which intersects perpendicularly), the tabular elastic body 84 can control certainly tilting of the lens 62 which uses said both movable supporters 63a and 63b as the tilting supporting point.

[0072] By the way, the processing tolerance in the direction in which the weight of a lens 62 meets the gravity of each part material including a lens 62 since [the] it sets caudad and is supported by both the movable supporters 63a and 63b will be concentrated on the upper part side of a lens 62. Based on concentration of this processing tolerance, a location gap may be produced between a lens 62 and the fixed supporter 64. Moreover, since coefficient of linear expansion differs, respectively, a lens 62 and each part material of the fixed supporter 64 may produce the same location gap with change of environmental temperature.

[0073] Here, since said tabular elastic body 84 is the thing in which elastic deformation is possible in the vertical direction which is the gravity direction, it can absorb easily said location gap which can set a lens 62 radially. Therefore, the yield of the deflection in the gravity direction of a lens 62 can be reduced.

[0074] (g) In this lens barrel 51, the lens 62 is held through the lens means for supporting 61 every length of said configuration. Therefore, the yield of the deflection in a lens 62 is reduced, and a lens 62 can be held, without producing lowering of

optical-character ability in a lens barrel 51.

(**) In this aligner 31, two or more lenses 62 which constitute that 2nd lens group 44b are held in infestation section 51c of a lens barrel 51 through the lens means for supporting 61 every length of said configuration. For this reason, lowering of the optical-character ability in each lens 62 is controlled, and projection exposure of high degree of accuracy is attained.

[0075] (The 2nd operation gestalt) Next, the 2nd operation gestalt of this invention is explained focusing on a different part from said 1st operation gestalt based on drawing 7 - drawing 10 . In the lens means for supporting 91, the configuration of the movable supporters 92a and 92b and the 2nd supporter 93 differs from said 1st operation gestalt every length of this 2nd operation gestalt.

[0076] it is shown in drawing 7 - drawing 10 -- as -- the [of this 2nd operation gestalt] -- the [1 movable supporter 92a and] -- the member by which 2 movable supporter 92b is equivalent to the receptacle member 67 of said 1st operation gestalt is omitted. And on the peripheral face of flange section 62a of a lens 62, the cone-like crevice 94 is formed so that it may correspond with the cone-like crevice 74 of the pedestal 68 of both the movable supporter 92. A ball 75 is infixed among those cone-like crevices 74 and 94, and the supporting point SP of each movable supporter 92 is constituted by the ball 75. That is, the lens means for supporting 91 have one supporting point SP every movable supporter 92 every length of this operation gestalt.

[0077] Moreover, the engagement section 80 of the fixed supporter 93 is attached in the medial surface of the mounting slot 96 formed in the support seat 85 of a lens barrel 51 so that it might extend in accordance with the optical axis AX2 of a lens 62 through the tabular cross-section [of L characters]-like elastic body 95. The slit 97 is formed in the center of the bending section of this tabular elastic body 95. It is secured, the degree of freedom, i.e., the elastic-deformation function, to the direction (X shaft orientations) which meets the horizontal axis which intersects the optical axis AX2 of the vertical direction (Z shaft orientations) which is the gravity direction of the tabular elastic body 95, and a lens 62 by existence of this slit 97. And in the center of the level surface part 98, junction immobilization of the tabular elastic body 95 is carried out with the bolt 86 at said engagement section 80. Moreover, junction immobilization of the tabular elastic body 95 is carried out at the support projected part 101 formed in the medial surface of said mounting slot 96 with the bolt 100 in the center of a vertical surface part 99. The both sides of this support projected part 101 serve as the recess of thread portion 102 which permits the elastic deformation to said X shaft orientations of the tabular elastic body 95.

[0078] according to this 2nd operation gestalt constituted as mentioned above -- (**) of said 1st operation gestalt - (Ha) -- and (**) and the almost same effectiveness -- in addition, the following operation effectiveness is further done so.

[0079] (**) With the lens means for supporting 91, it is engaging with the cone-like crevice 94 where the ball 75 was formed on the peripheral face of the direct lens 62 in said both movable supporters 92a and 93b every length of this. For this reason, components mark can be lessened and simplification of a configuration can be attained.

[0080] (**) The tabular elastic body 95 infixed in the fixed supporter 93 of the lens means for supporting 91 every length of this is the thing in which the elastic deformation to said Z shaft orientations and X shaft orientations is possible. For this reason, the location gap with the lens 62 and the fixed supporter 93 in X shaft orientations of not only radial [of a lens 62] but the lens 62 is easily absorbable. Therefore, the yield of the deflection of a lens 62 can be reduced further.

[0081] (The 3rd operation gestalt) Next, the 3rd operation gestalt of this invention is explained based on drawing 11 - drawing 15 focusing on a different part from said 1st operation gestalt. In the lens means for supporting 106, the configuration of both the movable supporters 107a and 107b differs from said 1st operation gestalt every length of this 3rd operation gestalt.

[0082] it is shown in drawing 11 and drawing 12 -- as -- the [of this 3rd operation gestalt] -- the [1 movable supporter 107a and] -- the receptacle member 108 to which 2 movable supporter 107b engages with the periphery section of that lens 62 was extended along with the circumferencial direction of a lens 62. the [moreover, / one] -- V groove 109 which replaces with the cone-like crevice 74 of said 1st operation gestalt, and is prolonged along with the circumferencial direction of a lens 62 is formed in the opposed face by the side of the lens 62 of the pedestal 68 of 1 movable supporter 107a. the [and] -- in 1 movable supporter 107a, the ball 75 is infixed between the cone-like crevice 73 on the tooth back of the receptacle member 108, and V groove 109 on a pedestal 68. this V groove 109 -- the -- the migration accommodation of 1 movable supporter 107a to the circumferencial direction of a lens 62 is attained, and this V groove 109 constitutes the accommodation means while constituting a part of bearing structure.

[0083] Moreover, said both movable supporters 107a and 107b have the load-bearing function, and each of those supporting points SPa and SPb are making the point of application of the reaction force to the direction of main LP of the lens 62 to the load of a lens 62. Said each supporting points SPa and SPb are arranged so that it is 0 on the level surface where the bearing power in each of that supporting point SP, i.e., the

reaction force which goes to the core LP of said lens 62, carries out a lens 62 up and down here for 2 minutes, it may increase gradually as a supporting point SP moves caudad, and it may become max at the bottom of a lens 62. That is, when the include angle with each segment which connects the axis which intersects perpendicularly with the optical axis AX2 of a lens 62, i.e., the X-axis, and Core LP and each supporting points SPa and SPb of a lens 62 in said level surface to make is set to thetaa and thetab, each supporting points SPa and SPb are arranged so that the ratio of said reaction force in each of that supporting point SP may make sinthetaa and sinthetab. In addition, as shown in drawing 11, in each movable supporters 107a and 107b, a supporting point SPa is a supporting point by the side of the Z-axis, and a supporting point SPb is a supporting point by the side of the X-axis.

[0084] Next, when each supporting points SPa and SPb have been arranged like a parenthesis at intervals of equiangular (thetas), distribution of the support load in each supporting points SPa and SPb is explained.

[0085] The aforementioned thetaa and thetab are expressed by thetas like a degree type, respectively.

[0086]

[Equation 1]

$$\theta a = 90 - \frac{\theta s}{2} \quad \dots (1)$$

[0087]

[Equation 2]

$$\theta b = 90 - \frac{3}{2} \theta s \quad \dots (2)$$

It is [0088] in order that the ratio of each reaction force Fa and Fb in each supporting points SPa and SPb may make sintheta here.

[Equation 3]

It becomes.

[0089] Next, the junction location of the pedestal 68 to the lens barrel 51 of each movable supporters 107a and 107b is considered. Here, what is necessary will be just to consider the ratio of the include angles alpha and beta of the segment which connected

the distribution ratio of both the supporting points SPa and SPb in the receptacle member 108, i.e., the core BP of a ball 75 and the core LP of a lens 62, and the segment which connected the core LP of each supporting points SPa and SPb and a lens 62 to make. Since it is the ratio of the same reaction force Fa and Fb also in each supporting points SPa and SPb in each movable supporter 107a and 107b, the ratio of said include angles alpha and beta is [0090].

[Equation 4]

It becomes.

[0091] Moreover, since the weight M of the lens 62 whole is supported in every two supporting points SPa and supporting points SPb, respectively, a degree type is realized.

[0092]

[Equation 5]

Therefore, it is [0093] when it solves about Fa and Fb from a formula (3) and a formula (5).

[Equation 6]

$$F_a = \frac{M \cdot \sin \theta_a}{2 (\sin^2 \theta_a + \sin^2 \theta_b)} \quad \dots$$

[0094]

[Equation 7]

It becomes. Next, in order to ask for the location of each optimal supporting point in the lens means for supporting 106 every length of this 3rd operation gestalt, the result of having measured the amount of deflections using the parallel plate-like lens is explained.

[0095] The amount of deflections of the direction of an optical axis of a lens (it sets to this drawing and is the upper line Sy1) is shown in the amount of deflections of the gravity direction of a lens (it sets to this drawing and is the upper line Sz1), and

drawing 14 at drawing 13. Here, the amount of deflections to the direction of an optical axis of a lens was as small as about $1/20$ compared with the amount of deflections to the gravity direction, and it was what can almost be disregarded.

[0096] Here, in the range with which θ does not fill 5 degrees of central angles, both the movable supporters 107a and 107b become what approached dramatically, and the regulation effectiveness of a revolution of the circumference of the Z-axis which meets in the gravity direction of a lens based on support of both the movable supporters 107a and 107b falls. Moreover, in the range of this central angle θ , both the movable supporters 107a and 107b interfered, and there was also a possibility that it might become impossible to secure the desired central angle θ .

[0097] On the other hand, in the range in which θ exceeds 60 degrees of said central angles, two supporting points SPa and SPb of each movable supporters 107a and 107b will exist on both sides of the X-axis. It becomes impossible for this reason, to expect the support effectiveness of the load of the lens by one supporting point SPb.

[0098] On the other hand, in the range whose θ is 5 degrees - 60 degrees of central angles shown in drawing, it migrated to the whole region mostly and the amount of deflections of a lens was the range which may fully be satisfied. Moreover, in the range whose θ is 15 degrees - 35 degrees of said central angles, change of the amount of deflections of a lens became very small. Furthermore, in the range whose θ is 20 degrees - 30 degrees of central angles, most change of the amount of deflections of a lens was not seen so that clearly from drawing 13 and drawing 14.

[0099] based on this result, an example of the optimal arrangement of each supporting points SPa and SPb in the lens means for supporting 106 is shown every length of this -- then, drawing 15 -- like -- each supporting points SPa and SPb -- a central angle -- about $\theta = 25$ degree -- it is -- etc. -- it has been arranged at interval. In this case, as for distribution of each of said supporting points SPa and SPb in each movable supporters 107a and 107b, the supporting point SPa by the side of 13.8-degree a location and the Z-axis can be found with the location of 11.2 degrees in a central angle to a ball 75 by said formula (1) - (7) by the supporting point SPb by the side of the X-axis at a central angle.

[0100] According to this 3rd operation gestalt constituted as mentioned above, in addition to the almost same effectiveness as (b) of said 1st operation gestalt - (**), the following effectiveness is further done so.

(**) every length of this -- the lens means for supporting 106 -- the -- 1 movable supporter 107a is the thing in which migration accommodation is possible along with the circumferencial direction of a lens 62. for this reason -- even if the location gap with

a lens 62 and both the movable supporters 107a and 107b arises based on change of processing tolerance and environmental temperature -- the -- it is easily absorbed because 1 movable supporter 107a moves to said circumferential direction. Moreover, a lens 62 may produce thermal expansion with the are recording heat at the time of exposure light passing. At this time, expansion of the circumferential direction of a lens 62 is absorbed by migration of the circumferential direction of the receptacle member 108, and expansion of the direction of an optical axis of a lens 62 is absorbed by deformation of packing 83. Therefore, generating of the deflection based on said location gap is controlled, and lowering of the optical-character ability of a lens 62 can be controlled.

[0101] the [and / this] -- the accommodation means to the circumferential direction of the lens 62 of 1 movable supporter 107a contains the ball 75 and V groove 109. For this reason, if the force to that circumferential direction arises on a lens 62, a ball 75 will roll along with V groove 109. the [therefore,] -- migration accommodation in the circumferential direction of the lens 62 of 1 movable supporter 107a can be ensured [easily and].

[0102] (**) Every length of this, with the lens means for supporting 106, each supporting points SPa and SPb are arranged so that the ratio of the reaction force Fa and Fb corresponding to the load of the lens 62 in each supporting points SPa and SPb of both the movable supporters 107a and 107b may be set to $\sin\theta$. For this reason, distribution of the support load in each supporting points SPa and SPb can be made into the almost optimal condition. Therefore, while being able to support a lens 62 in the condition of having been stabilized further, much more reduction can be aimed at in the yield of the deflection of a lens 62.

[0103] (The 4th operation gestalt) Next, the 4th operation gestalt of this invention is explained based on drawing 16 - drawing 18 focusing on a different part from said **** operation gestalt. It is what prepared 1st towage supporter 112a and 2nd towage supporter 112b as the 4th supporter in said 3rd operation gestalt in the lens means for supporting 111 as the 3rd supporter with which the towage means was established as an upper part supporter in addition to said fixed supporter 64 every length of this 4th operation gestalt.

[0104] As shown in drawing 16 - drawing 18 , this 1st towage supporter 112a and 2nd towage supporter 112b are prepared so that a pair may be made in the upper part on both sides of the fixed supporter 64 arranged in that maximum upper part from the level surface where the gravity direction carries out a lens 62 up and down for 2 minutes. That is, 1st towage supporter 112a and 2nd towage supporter 112b are arranged so that

the symmetry may be made to said Z-axis, and they also constitute the 1st supporter and the 2nd supporter, respectively. moreover, 1st towage supporter 112a -- the -- 1 movable supporter 107a and 2nd towage supporter 112b -- the -- it is arranged so that it may become symmetrical to the core LP of a lens 62 with 2 movable supporter 107b, respectively.

[0105] Each towage supporters 112a and 112b consist of connection members 117 which connect the towage spring 116, and these joints 114 and the towage spring 116 as a towage means held in the joint 114 joined to the peripheral face of a lens 62 through a glue line 113, and the mounting hole 115 formed in the lens barrel 51.

[0106] As for said joint 114, the junction pawl 120 with which the longitudinal direction is prolonged along with the circumferencial direction of a lens 62, and makes the supporting points SPa and SPb of a couple in the side face by the side of the lens 62 of the longitudinal direction is set up. In this junction pawl 120, junction immobilization of a joint 114 and the lens 62 is carried out through the glue line 113. As for said towage spring 116, the end is in contact with pars-basilaris-ossis-occipitalis 115a of said mounting hole 115.

[0107] Said connection member 117 consists of a cross-linking piece 121 of the shape of a character of a cross section pi, and a connection rod 122 vertically set up from the cross-linking side 121a. Said cross-linking piece 121 is arranged so that the leg 121b may straddle a top face in drawing 16 of said joint 114, and it is being fixed to said joint 114 by the pin 123 in the leg 121b. Said connection rod 122 is inserted in free passage hole 115b drilled in the interior of said towage spring 116, and pars-basilaris-ossis-occipitalis 115of said mounting hole 115 a. Head section 122a is prepared at the head of that connection rod 122, and it is engaging with the other end of said towage spring 116 pushed and contracted so that this head section 122a might have the predetermined energization force. By this engagement, the energization force of the towage spring 116 acts on a lens 62 through the connection rod 122, the cross-linking piece 121, a pin 123, a joint 114, and a glue line 113. And a lens 62 will be in the condition of having been led up, and assignment support of a part of weight of a lens 62 will be carried out by both the towage supporters 112a and 112b. Thus, both the towage supporters 112a and 112b also constitute the load-bearing means.

[0108] Next, in the lens means for supporting 111, the result of having measured the amount of deflections using the parallel plate-like lens is explained like the lens means for supporting 106 every length of said 3rd operation gestalt every length of this 4th operation gestalt.

[0109] The amount of deflections of the direction of an optical axis of a lens (it sets to

this drawing and is the lower line Sy2) is shown in the amount of deflections of the gravity direction of a lens (it sets to this drawing and is the lower line Sz2), and drawing 14 at drawing 13 . Every length of this 4th operation gestalt, with the lens means for supporting 111, compared with this equipment 106 of said 3rd operation gestalt, on the whole, the amount of deflections became about 1/3 in the gravity direction, and became about 1/2 value in the direction of an optical axis so that clearly from drawing 13 and drawing 14 .

[0110] Here, when observed about bending of the comparatively big gravity direction of the amount of deflections, change of the amount of deflections was small in the range whose thetasis 10 degrees - 40 degrees of said central angles. Furthermore, in the range whose thetasis 15 degrees - 25 degrees of central angles, most change of the amount of deflections was not seen.

[0111] based on this result, an example of the optimal arrangement of each supporting points SPa and SPb in the lens means for supporting 111 is shown every length of this -- then, drawing 16 -- like -- each supporting points SPa and SPb -- a central angle -- about thetas=25 degree -- it is -- etc. -- it has been arranged at interval. In this case, as for distribution of each of said supporting points SPa and SPb in each movable supporters 107a and 107b and the towage supporters 112a and 112b, the supporting point SPb by the side of 13.8-degree a location and the Z-axis can be found with the location of 11.2 degrees in a central angle to Core BP or the connection rod 122 of a ball 75 by said formula (1) - (7) by the supporting point SPa by the side of the X-axis at a central angle.

[0112] According to this 4th operation gestalt constituted as mentioned above, in addition to the almost same effectiveness as (b) of each of said operation gestalt - (**), (**), and (**), the following effectiveness is further done so.

[0113] (**) In the lens means for supporting 111, the towage spring 116 which carries out towage support of a part of weight of a lens 62 is formed in both the towage supporters 112a and 112b every length of this. For this reason, weight of a lens 62 is not only ****(ed) with both the downward movable supporters 107a and 107b, but towage support is carried out by both the upper towage supporters 112a and 112b. For this reason, the assignment load in each supporting points SPa and SPb is reduced further, and the amount of deflections of a lens 62 can be reduced further.

[0114] (**) It is arranged so that each towage supporters 112a and 112b which carry out assignment support of a part of weight of a lens 62 may become symmetrical in the lens means for supporting 111 to each movable supporters 107a and 107b which similarly carry out assignment support of a part of weight of a lens 62, and the core LP of a lens 62 every length of this. For this reason, the weight of a lens 62 can be supported with

still more sufficient balance.

[0115] In addition, said each operation gestalt concerning this invention can be changed as follows, and can also be materialized.

· In said each operation gestalt, three or more movable supporters 63 and 92,107 may be formed. Moreover, in said 4th operation gestalt, three or more towage supporters 112 may be formed. When [these] constituted like, the weight of a lens 62 is further distributed in each supporters 63 and 92,107,112, and the assignment load in each supporters 63 and 92,107,112 is reduced further. And the amount of deflections of a lens 62 is reduced further.

[0116] · Three or more circular projected parts 71 may be formed in the receptacle member 67,108 of each of said operation gestalt, and the periphery section of a lens 62 may be made to engage with it. Moreover, in said 4th operation gestalt, it is good also considering the number of the junction pawls 120 of the joint 114 of each towage supporters 112a and 112b as three or more. In order to act after the weight of a lens 62 has been further distributed by the circular projected part 71 of each receptacle member 67,108, or the junction pawl 120 of a joint 114 when [these] constituted like, the assignment load in each supporting point SP is reduced further. And the amount of deflections of the lens 62 in each support neighborhood of a point is reduced further.

[0117] · In said 4th operation gestalt, it is good also considering the number of the junction pawls 120 of the joint 114 of each towage supporters 112a and 112b as one. Thus, when constituted, simplification of the configuration of each towage supporters 112a and 112b can be attained.

[0118] · In said 1st operation gestalt, the receptacle member 67 of each movable supporters 63a and 63b may be extended on both sides along with the circumferencial direction of a lens 62 centering on a ball 75.

[0119] · In said 1st operation gestalt, while forming the movable supporter 63 only in one place at the part corresponding to the least significant of a lens 62, the tilting regulation means of the almost same configuration as two or more fixed supporters 64 may be formed in the location which serves as an opposite hand to the location corresponding to the X-axis of a lens 62, or its X-axis.

[0120] · While omitting each movable supporters 107a and 107b located under the lens 62 in said 4th operation gestalt and supporting the weight of a lens 62 only with both the towage supporters 112a and 112b For example, a lens 62 forms the fixed supporter 64 caudad, tilting of a lens 62 is regulated, and you may make it regulate the revolution of the circumference of the Z-axis of a lens 62 by collaboration with these fixed supporter 64 and both the towage supporters 112a and 112b.

[0121] - In the fixed supporters 64 and 93 of each of said operation gestalt, the engagement section 80 may be directly fixed to the support seat 85 of a lens barrel 51 through the tabular elastic bodies 84 and 95. Thus, if constituted, since a tilting regulation means will serve as only the engagement section 80, simplification of the fixed supporter 64 and the configuration of 93 can be attained.

[0122] - The fixed supporter 64 is omitted in said 4th operation gestalt. Both the movable supporters 107a and 107b and both towage supporter 112a, The segment which connects the core LP of the lens 62 and the core BP of a ball 75 for 112b, all the adjoining segments of the axis (extension wire shall pass along the core of a lens 62) of the connection rod 122, and axes may arrange so that an equiangular distance, i.e., 90-degree spacing, may be made. Thus, when constituted, the load based on the weight of a lens 62 is supported with sufficient balance to the X-axis and the Z-axis, and can control generating of an unsymmetrical deflection in each field divided by the X-axis and the Z-axis of a lens 62.

[0123] By the way, in this description, an optical element is not limited to a lens and limited to a convex lens as shown in drawing, either. That is, this optical element contains a concave lens, a plane lens, a convex mirror, a concave mirror, a plane mirror, a filter, etc. Moreover, that optical axis can apply this optical element not only to the thing of the gravity direction and the direction which intersects perpendicularly but to the thing of the crossing direction.

[0124] Moreover, in this description, an aligner is not limited to the aligner for semiconductor device manufacture, and is not limited to the scanning aligner of step - and - scanning method, or the aligner of a cutback projection mold, either. That is, this aligner also contains the aligner for manufacture of the aligner of a step-and-repeat method, the aligner of an actual size projection mold, a liquid crystal display component, an image sensor, the thin film magnetic head, etc.

[0125] Furthermore, in this description, the exposure light source is not limited to ArF excimer laser, and contains light lamps, such as ultraviolet ray lamps, such as higher harmonics, such as the source of an electron ray, X line source, a KrF excimer laser, F2 excimer laser, an YAG laser, and metal vapor laser, and i line, h line, and g line, etc.

[0126] In order to attain the function mentioned above, each element which constitutes equipment is combined mechanically and setting up the optical element means for supporting of this operation gestalt is finished. In order to attain the function mentioned above, it is combined mechanically [each element which constitutes equipment], electrically, and optically, and setting up the aligner which similarly is equipped with the above-mentioned optical element means for supporting is finished.

[0127] Moreover, the technical thought of a publication can also be extracted from said each operation gestalt below.

(1) Said central angles are optical element means for supporting according to claim 6 which are within the limits of 15 degrees - 35 degrees.

[0128] Thus, if constituted, change of the amount of deflections of the gravity direction of an optical element can be made very small in a homotype enclosure.

(2) Said central angles are optical element means for supporting given in the above (1) which is within the limits of 20 degrees - 30 degrees.

[0129] Thus, if constituted, change of the amount of deflections of the gravity direction of the optical element in a homotype enclosure can consider as the condition of hardly existing.

(3) Said bearing structure is optical element means for supporting claims 7 and 8 and the above (1) which become by the spherical bearing material which intervened between the cone-like crevices of a couple prepared so that it might counter mutually, and those cone-like crevices, and given in either of (2).

[0130] Thus, if constituted, an optical element can become rockable along with spherical bearing material, the processing tolerance of each part material, such as the optical element itself and a supporter, can be absorbed, and the yield of the deflection in the optical element based on it can be reduced.

[0131] (4) Said accommodation means is claim 8 which the cone-like crevice was established [claim] in one opposed face of said bearing structure, and the V groove prolonged along the direction of a periphery of an optical element in the opposed face of another side was prepared [claim], and made spherical bearing material intervene between the cone-like crevice and V groove, or optical element means for supporting given in the above (3).

[0132] Thus, if constituted, spherical bearing material can roll along with a V groove, and migration accommodation in the circumferencial direction of the optical element of said supporter can be ensured [easily and].

(5) Said bearing structure is the optical element means for supporting according to claim 7 which consisted of bearing material which intervened between the crevice of another side which while was formed on the periphery section of an optical element, and was formed on the crevice and the pedestal which holds said optical element to the body of equipment, and both [these] crevices.

[0133] Thus, if constituted, the cutback of components mark can be aimed at and simplification of the supporter which constitutes a load-bearing means can be attained.

[0134]

[Effect of the Invention] According to invention of claim 1, since concentration of the processing tolerance to an optical element is controlled, the yield of the deflection in an optical element can be reduced and optical-character ability with a high optical element can be secured easily.

[0135] According to invention of claim 2, in addition to the effect of the invention of claim 1, tilting which used the load-bearing means in an optical element as the tilting supporting point can be controlled certainly. Moreover, since the load-bearing means side of an optical element mainly bends, when a side with few deflections makes exposure light mainly penetrate, effect of the deflection of an optical element can be made small.

[0136] Since an optical element is supported [according to invention of claim 3] with sufficient balance to the axis which meets in the gravity direction in addition to the effect of the invention of claim 2, generating of the unsymmetrical deflection in the both sides of said axis of an optical element can be controlled more.

[0137] According to invention of claim 4, in addition to the effect of the invention of claims 2 or 3, an optical element is supported with much more sufficient balance, and can control generating of the unsymmetrical deflection in an optical element further.

[0138] According to invention of claim 5, in addition to the effect of the invention of claims 3 or 4, arrangement of the support load in each supporter can be made into the almost optimal condition, and generating of the deflection of an optical element can be controlled further.

[0139] According to invention of claim 6, in addition to the effect of the invention of claims 5 or 6, the assignment effectiveness of a load [in / both / each supporting point of a receptacle member] that revolution regulation of an optical element is securable is demonstrated efficiently.

[0140] According to invention of claim 7, in addition to one effect of the invention of claims 3-6, the degree of freedom of a relative configuration can be produced between an optical element and each supporter, and the processing tolerance of each part material, such as the optical element itself and a supporter, can be absorbed.

[0141] According to invention of claim 8, in addition to one effect of the invention of claims 3-7, the processing tolerance and thermal expansion of each part material of the optical element in the circumferential direction of an optical element itself and a supporter are absorbable.

[0142] According to invention of claims 9 and 10, the processing tolerance of each part material and the dimension gap with the optical element and means for supporting based on change of environmental temperature are absorbable, controlling tilting of an

optical element certainly in addition to one effect of the invention of claims 2-8.

[0143] According to invention of claim 11, in addition to one effect of the invention of claims 2-10, also in an upper part supporter, a part or all of weight of an optical element can be supported. Especially with a configuration in which the load-bearing means was formed also in the lower part supporter, the assignment load in each supporting point is reduced further, and the amount of deflections of an optical element can be reduced further.

[0144] According to invention of claim 12, in addition to the effect of the invention of claim 11, the weight of an optical element can be supported with still more sufficient balance. According to invention of claim 13, an optical element can be held, without causing lowering of optical-character ability in the body of a lens-barrel.

[0145] According to invention of claim 14, lowering of the optical-character ability of an optical element is controlled, and projection exposure of high degree of accuracy can be performed.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The explanatory view showing the outline of a scanning aligner.

[Drawing 2] The explanatory view which shows a detail a projection optical system and near drawing 1 .

[Drawing 3] The front view showing lens means for supporting every length of the 1st operation gestalt.

[Drawing 4] The 4-4 line sectional view of drawing 3 .

[Drawing 5] For (a), the partial expanded sectional view in which the partial expanded sectional view showing the fixed supporter of drawing 4 and (b) show the partial expanded sectional view in the 5b-5b line of drawing 3 , and (c) shows the movable supporter of drawing 4 , and (d) are a partial expanded sectional view in the 5d-5d line of drawing 3 .

[Drawing 6] The partial amplification forward sectional view showing the movable supporter of drawing 3 .

[Drawing 7] The front view showing lens means for supporting every length of the 2nd operation gestalt.

[Drawing 8] The 8-8 line sectional view of drawing 7 .

[Drawing 9] It is the partial expanded sectional view in which (a) of drawing 8 shows a fixed supporter, and (b) shows a movable supporter, respectively.

[Drawing 10] The partial amplification forward sectional view showing the movable supporter of drawing 7.

[Drawing 11] The front view showing lens means for supporting every length of the 3rd operation gestalt.

[Drawing 12] (b) of drawing 11 -- the -- 1 movable supporter -- (a) -- the -- the partial expanded sectional view showing 2 movable supporter, respectively.

[Drawing 13] The graph about the amount of deflections of the gravity direction in a parallel plate lens.

[Drawing 14] The graph about the amount of deflections of the direction of an optical axis in a parallel plate lens.

[Drawing 15] The front view showing an example of the optimum state of lens means for supporting every length of drawing 11.

[Drawing 16] The front view showing lens means for supporting every length of the 4th operation gestalt.

[Drawing 17] The 17-17 line sectional view of drawing 16.

[Drawing 18] The partial expanded sectional view showing the towage supporter of drawing 17.

[Drawing 19] The front view showing lens means for supporting every conventional length.

[Drawing 20] The 20-20 line sectional view of drawing 19.

[Description of Notations]

31 -- A scanning aligner, 51 -- 61 The lens barrel as a lens-barrel, 91,106,111 -- Every [as optical element means for supporting] length Lens means for supporting, 62 -- The lens as an optical element, 62a -- The flange section as the periphery section, 63a, 92a, 107a -- A lower part supporter, the 1st supporter, and a part of load-bearing means are constituted. the [which has a revolution regulation function] -- 1 movable supporter, 63b and 92b, and a 107b-- lower part supporter -- the [which constitutes the 2nd supporter and a part of load-bearing means, and has a revolution regulation function] -- 2 movable supporter -- 64 93 -- The fixed supporter which constitutes an upper part supporter and a part of revolution regulation means, 73 74 -- The cone-like crevice, 75 which constitute a part of bearing structure -- The ball which constitutes a part of bearing structure, 80 -- 84 The engagement section, 95 which constitute a part of tilting regulation means -- While constituting a part of tilting regulation means, the tabular elastic body as an elastic member, 109 -- The V groove, 112a which constitute the part

and accommodation means of bearing structure -- A part of upper part supporter The 1st towage supporter which constitutes the 3rd supporter and a part of load-bearing means, and has a revolution regulation function, 112b -- A part of upper part supporter, the 4th supporter, and a part of load-bearing means are constituted. The 2nd towage supporter, 116 which have a revolution regulation function -- The towage spring as a towage means, AX2 -- The optical axis of the 2nd lens group as an optical axis of an optical element, Fa, Fb -- Reaction force, LP [-- The axis, Z which intersect perpendicularly with an optical axis in the level surface / -- The axis prolonged along the gravity direction while intersecting perpendicularly with an optical axis, theta, thetas / -- Central angle.] -- The core of an optical element, L1-L3 -- A segment, SPa, SPb which connect the core and each supporter of an optical element -- The supporting point, X which constitute point of application

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-231192

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int.Cl.⁸
G 0 2 B 7/02
7/00
G 0 3 F 7/20
H 0 1 L 21/027

識別記号

5 2 1

F I

G 0 2 B 7/02
7/00

G 0 3 F 7/20
H 0 1 L 21/30

A

F

5 2 1

5 1 2

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平10-31682

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月13日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 池田 正俊

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

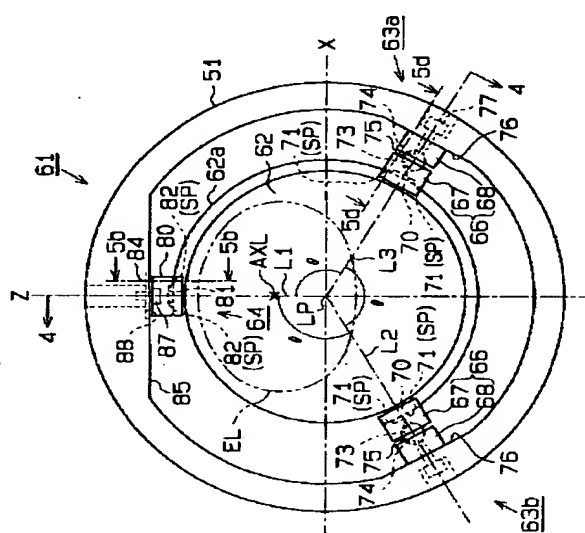
(74) 代理人 弁理士 恩田 博宣

(54) 【発明の名称】 光学素子支持装置及び鏡筒並びに投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 光学素子におけるたわみの発生量を低減でき、光学素子の高い光学性能を容易に確保可能な光学素子支持装置及び鏡筒、そして高精度の投影露光が可能な露光装置を提供する。

【解決手段】 縦置きレンズ支持装置61を、それぞれ、レンズ62の重力方向下方側及び上方側の外周部に係合する各可動支持部63a、63bと、固定支持部64とより構成する。各支持部63a、63b、64を、レンズ62の円周方向に等角度間隔をおいて配置する。前記両可動支持部63a、63bで前記レンズ62の荷重を支持すると共に、前記固定支持部64で前記両可動支持部63a、63bを傾動中心とするレンズ62の傾動を規制する。また、各支持部63a、63b、64の協働により、レンズ62のZ軸回りの回転を規制する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光軸が重力方向と交差する方向に延びる光学素子を支持する光学素子支持装置において、少なくとも 3ヶ所で前記光学素子の外周部に係合する支持機構を有し、前記支持機構は、光学素子の荷重を支持する荷重支持機能と、前記光学素子の荷重の支持位置を傾動支点とする光学素子の傾動を規制する傾動規制機能と、前記光軸と直交する軸線を中心とする光学素子の回転を規制する回転規制機能とを有する光学素子支持装置。

【請求項 2】 前記支持機構は、光学素子の外周部の重力方向下方部に係合する下方支持部と、光学素子の外周部の重力方向上方部に係合する上方支持部とに分かれ、上方支持部と下方支持部との少なくとも一方には前記傾動規制機能を有する傾動規制手段を設けると共に、上方支持部と下方支持部との少なくとも他方には前記荷重支持機能を有する荷重支持手段を設けた請求項 1 に記載の光学素子支持装置。

【請求項 3】 前記上方支持部または下方支持部の少なくとも一方は、第 1 支持部と、前記第 1 支持部に対して光学素子の外周方向に所定間隔をおいて配置される第 2 支持部とを有し、前記第 1 支持部と第 2 支持部とは重力方向に沿って延びる軸線に対して対称になるように配置された請求項 2 に記載の光学素子支持装置。

【請求項 4】 前記各支持部は、光学素子の中心と前記各支持部とを結ぶ線分を仮想したときに、隣接する 2 つの線分のなす中心角の角度がほぼ等間隔をなすように配置された請求項 2 または 3 に記載の光学素子支持装置。

【請求項 5】 前記下方支持部に前記荷重支持手段を設けた時、前記第 1、第 2 支持部は、前記光学素子を重力方向の上下に 2 分する水平面内において光軸と直交する軸線と、光学素子の中心と第 1、第 2 支持部の光学素子の荷重に対する光学素子の中心方向への反力の作用点とを結ぶ各線分とのなす角度を θ としたとき、前記各作用点における前記反力の比が $\sin \theta$ をなすように配置された請求項 3 または 4 に記載の光学素子支持装置。

【請求項 6】 前記中心角は $5^\circ \sim 60^\circ$ の範囲内である請求項 5 に記載の光学素子支持装置。

【請求項 7】 前記第 1、第 2 支持部には、光学素子の外周部との間に軸受構造が介在されている請求項 3～6 のいずれか一項に記載の光学素子支持装置。

【請求項 8】 前記第 1、第 2 支持部の内、少なくとも 1 つの支持部には、光学素子の外周方向における移動調節可能な調節手段が形成された請求項 3～7 のいずれか一項に記載の光学素子支持装置。

【請求項 9】 前記傾動規制機能は、重力の上下方向に自由度を有する弾性部材の弾性力で達成された請求項 2～8 のいずれか一項に記載の光学素子支持装置。

【請求項 10】 前記傾動規制機能は、光学素子の光軸に直交すると共に、重力に直交する方向に自由度を有す

る弾性部材の弾性力で達成された請求項 9 に記載の光学素子支持装置。

【請求項 11】 前記上方支持部には、光学素子を牽引する牽引手段が設けられた請求項 2～10 のいずれか一項に記載の光学素子支持装置。

【請求項 12】 前記上方支持部は、前記下方支持部の第 1 支持部及び第 2 支持部と、光学素子の中心に対してほぼ対称となる位置に配置された第 3 支持部及び第 4 支持部を有する請求項 11 に記載の光学素子支持装置。

【請求項 13】 光軸が重力方向と交差する方向に延びる光学素子を、光学素子支持装置を介して内周面に保持する鏡筒において、

前記光学素子支持装置は、前記請求項 1～12 のいずれか一項に記載の光学素子支持装置より構成された鏡筒。

【請求項 14】 鏡筒内に光軸が重力方向と交差する方向に延びる光学素子を有する露光装置において、前記光学素子は、前記請求項 1～12 のいずれか一項に記載の光学素子支持装置を介して鏡筒内に支持された露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、レンズ、反射鏡等の光学素子を支持するための光学素子支持装置、及び、光学素子を有する鏡筒、さらには半導体素子等を製造するための露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】各種光学機器の光学系を構成するレンズ、反射鏡等の光学素子は、支持装置を介して鏡筒内に支持された状態で使用されることが多い。

【0003】この種の光学素子支持装置としては、例えば次のような枠体を使用するものが従来より知られていた。すなわち、図 19 及び図 20 に示すように、枠体 151 は、円環状の受け枠 152 と、その受け枠 152 に螺合可能な円環状の止め輪 153 とよりなっている。前記受け枠 152 の開口部 154 には、大径部 154a 及び小径部 154b が設けられている。それら大径部 154a と小径部 154b との境界部分には、レンズ 155 の周縁に形成されたつば部 156 の形状に対応する段部 157 が形成されている。前記大径部 154a の内周面はネジ孔 158 となっており、前記止め輪 153 の外周面に形成されたネジ部 159 と螺合可能になっている。そして、受け枠 152 の段部 157 にレンズ 155 のつば部 156 の一側面を当接させた状態で、止め輪 153 を前記つば部 156 の他側面に当接するまで締め込むことにより、レンズ 155 を枠体 151 内に挟持するようになっている。これにより、レンズ 155 のつば部 156 の一側面と受け枠 152 の段部 157 の底面 157a とが、また前記つば部 156 の他側面と止め輪 153 の先端面 153a とが、それぞれ同つば部 156 のほぼ全周にわたって面接触するようになっている。そして、枠

体151で支持されたレンズ155は、図示しない取付金具を介して各種光学機器の鏡筒内に取り付けられるようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前記従来構成では、レンズ155のつば部156の両側面、受け枠152における段部157の底面157a、及び止め輪153の先端面153aを、それぞれ表面うねり等のない完全に均一な平面に加工することは、いかに精密に加工しようともほとんど不可能である。このため、レンズ155が枠体151に挟持された状態では、レンズ155、受け枠152及び止め輪153の表面うねり等に基づく加工公差のかなりの部分がレンズ155に集中するおそれがある。このような、レンズ155における公差集中は、レンズ155のロット毎に異なる予測不能なたわみを生じせしめ、レンズ155の光学性能の低下を招くおそれがあるという問題があった。

【0005】特に、光軸が重力方向と交差するように配置された縦置きレンズでは、前記の公差集中によるたわみだけでなく、レンズの自重による非対称なたわみも加わって、光学性能がさらに低下するおそれがあるという問題があった。

【0006】また、前記光学機器の内、例えば半導体素子、液晶表示素子、撮像素子(CCD等)、または薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ法により製造するステッパ等の露光装置においては、光学素子の面精度としてミクロンオーダーの精度あるいはさらに高い精度が要求される。そのため、光学素子に前記のような予測不能なたわみが生じていると、露光時のフォーカス制御が非常に難しくなるとともに、各装置毎に面倒な微調整が必要となって煩わしいという問題があった。

【0007】この発明は、このような従来の技術に存在する問題点に着目してなされたものであり、その目的は、光学素子におけるたわみの発生量を低減でき、光学素子の高い光学性能を容易に確保できる光学素子支持装置を提供することにある。また、この発明の別の目的は、光学素子とその光学性能の低下を招くことなく保持可能な鏡筒を提供することにある。加えて、この発明のさらに別の目的は、光学素子の光学性能の低下を抑制でき、高精度の投影露光が可能な露光装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1の発明では、光軸(AX2)が重力方向と交差する方向に延びる光学素子(62)を支持する光学素子支持装置(61、91、106、111)において、少なくとも3ヶ所で前記光学素子(62)の外周部(62a)に係合する支持機構(63a、63b、64、92a、92b、93、107a、107b、112a、112b)を有し、前記支持機構(63a、63

b、64、92a、92b、93、107a、107b、112a、112b)は、光学素子(62)の荷重を支持する荷重支持機能と、前記光学素子(62)の荷重の支持位置を傾動支点とする光学素子(62)の傾動を規制する傾動規制機能と、前記光軸(AX2)と直交する軸線(Z軸)を中心とする光学素子(62)の回転を規制する回転規制機能とを有することを要旨としている。

【0009】従って、請求項1の発明によれば、光学素子の外周部が少なくとも3ヶ所の支持機構により支持されて、光学素子の側面と支持装置の支持部との間に、前記光学素子の側面の全周にわたる面接触を生じない。このため、光学素子自身及び支持装置の支持部の加工公差が、それら支持部を介して光学素子に集中するおそれが低減される。

【0010】請求項2の発明では、請求項1に記載の光学素子支持装置(61、91、106、111)において、前記支持機構(63a、63b、64、92a、92b、93、107a、107b、112a、112b)は、光学素子(62)の外周部(62a)の重力方向下方部に係合する下方支持部(63a、63b、92a、92b、107a、107b)と、光学素子の外周部の重力方向上方部に係合する上方支持部(64、93、112a、112b)とに分かれ、上方支持部(64、93、112a、112b)と下方支持部(63a、63b、92a、92b、107a、107b)との少なくとも一方には前記傾動規制機能を有する傾動規制手段(80、84、95)を設けると共に、上方支持部(64、93、112a、112b)と下方支持部(63a、63b、92a、92b、107a、107b)との少なくとも他方には前記荷重支持機能を有する荷重支持手段(63a、63b、92a、92b、107a、107b)を設けたことを要旨としている。

【0011】従って、請求項2の発明によれば、請求項1の発明の作用に加えて、光学素子の重量を確実に支持しつつ、その光学素子の荷重支持手段を傾動支点とした傾動が確実に抑制される。

【0012】請求項3の発明では、請求項2に記載の光学素子支持装置(61、91、106、111)において、前記上方支持部(64、93、112a、112b)または下方支持部(63a、63b、92a、92b、107a、107b)の少なくとも一方は、第1支持部(63a、92a、107a、112a)と、前記第1支持部(63a、92a、107a、112a)に対して光学素子(62)の外周方向に所定間隔をおいて配置される第2支持部(63b、92b、107b、112b)とを有し、前記第1支持部(63a、92a、107a、112a)と第2支持部(63b、92b、107b、112b)とは重力方向に沿って延びる軸線(Z軸)に対して対称になるように配置されたことを要

旨としている。

【0013】従って、請求項3の発明によれば、請求項2の発明の作用に加えて、光学素子が重力方向に沿う軸線に対してバランスよく支持される。また、請求項4の発明では、請求項2または3に記載の光学素子支持装置(61, 91)において、前記各支持部(63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93)は、光学素子(62)の中心(LP)と各支持部(63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93)とを結ぶ線分(L1~L3)を仮想したときに、隣接する2つの線分のなす中心角(θ)の角度がほぼ等間隔をなすように配置されたことを要旨としている。

【0014】従って、請求項4の発明によれば、請求項2または3の発明の作用に加えて、光学素子が一層バランスよく支持される。請求項5の発明では、請求項3または4に記載の光学素子支持装置(106, 111)において、前記下方支持部(107a, 107b)に荷重支持手段(107a, 107b)を設けた時、前記第1、第2支持部(107a, 107b)は、前記光学素子(62)を重力方向の上下に2分する水平面において光軸(AX2)と直交する軸線(X軸)と、光学素子(62)の中心(LP)と第1、第2支持部(107a, 107b)の光学素子(62)の荷重に対する光学素子(62)の中心(LP)方向への反力(F_a , F_b)の作用点(SP a, SP b)とを結ぶ各線分とのなす角度を Θ としたとき、前記各作用点における前記反力(F_a , F_b)の比が $\sin \Theta$ をなすように配置されたことを要旨としている。

【0015】従って、請求項5の発明によれば、請求項3または4の発明の作用に加えて、第1、第2支持部における支持荷重の分布がさらにバランスよくほぼ最適な状態で配分されるため、光学素子がより安定した状態で支持される。

【0016】請求項6の発明では、請求項5に記載の光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)において、前記中心角(θ_s)は $5^\circ \sim 60^\circ$ の範囲内であることを要旨としている。

【0017】ここで、前記中心角が 5° 未満では、前記光軸に直交し重力方向に延びる軸線を中心とした光学素子の回転に対して、両支持部での係合による規制効果が小さくなると共に、隣接する支持部が干渉するおそれがある。一方、前記中心角が 60° を超えると、各支持部に複数の支持点(前記作用点に対応する)で光学素子の外周部に当接する受け部材を使用する場合において、同受け部材の支持点の前記水平面を挟んで存在することになる。このため、その支持点における光学素子の重量の支持効果が小さくなり、一部の支持点に荷重が集中しやすくなる。

【0018】これに対して、前記請求項6の発明によれば、請求項5の発明の作用に加えて、光学素子の回転規

制が確保される共に、受け部材の各支持点における荷重の分担効果が効率よく発揮される。

【0019】請求項7の発明では、請求項3~6のいずれか一項に記載の光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)において、前記第1、第2支持部(63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b)には、光学素子(62)の外周部(62a)との間に軸受構造(73, 74, 75, 109)が介在されていることを要旨としている。

【0020】従って、請求項7の発明によれば、請求項3~6のいずれかの発明の作用に加えて、軸受構造の介在により、光学素子と各支持部との間に相対配置の自由度が生まれ、光学素子自身及び支持部等の各部材の加工公差を吸収可能となる。

【0021】請求項8の発明では、請求項3~7のいずれか一項に記載の光学素子支持装置(106, 111)において、前記第1、第2支持部(107a, 107b, 112a, 112b)の内、少なくとも1つの支持部(107a)には、光学素子(62)の円周方向における移動調節可能な調節手段(109)が形成されたことを要旨としている。

【0022】従って、請求項8の発明によれば、請求項3~7のいずれかの発明の作用に加えて、一部の支持部が、光学素子の円周方向への移動調節されることにより、同方向における光学素子自身及び支持部等の各部材の加工公差が吸収可能となる。また、この発明によれば、光学素子への露光照射時においては光学素子に熱が蓄積されることがあるが、このような蓄積熱による光学素子の熱膨張を吸収可能となる。

【0023】請求項9の発明では、請求項2~8のいずれか一項に記載の光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)において、前記傾動規制機能は、重力の上下方向に自由度を有する弾性部材(84, 95)の弾性力で達成されたことを要旨としている。

【0024】従って、請求項9の発明によれば、請求項2~8のいずれかの発明の作用に加えて、光学素子の傾動を確実に抑制しつつ、各部材の加工公差及び环境温度の変化に基づいて生じる光学素子と支持装置との寸法ずれを吸収することができる。

【0025】請求項10の発明では、請求項9に記載の光学素子支持装置(91)において、前記傾動規制機能は、光学素子(62)の光軸(AX2)に直交すると共に、重力に直交する方向に自由度を有する弾性部材(95)の弾性力で達成されたことを要旨としている。

【0026】従って、請求項10の発明によれば、請求項9の発明の作用に加えて、前記加工公差及び寸法ずれをさらに確実に吸収することができる。請求項11の発明では、請求項2~10のいずれか一項に記載の光学素子支持装置(111)において、前記上方支持部(64, 112a, 112b)には、光学素子(62)を牽

引する牽引手段(116)が設けられたことを要旨としている。

【0027】従って、請求項11の発明によれば、請求項2～10のいずれかの発明の作用に加えて、上方支持部においても、光学素子の重量の一部または全部を支持することができる。特に、下方支持部にも荷重支持手段が設けられたような構成では、光学素子が下方で受承されると共に上方から牽引されて、各支持部における分担荷重がさらに低減され、光学素子のたわみ量が一層低減される。

【0028】請求項12の発明では、請求項11に記載の光学素子支持装置(111)において、前記上方支持部(112a, 112b)は、前記下方支持部の第1、第2支持部(107a, 107b)と、光学素子(62)の中心(LP)に対してほぼ対称となる位置に配置された第3支持部(112a)及び第4支持部(112b)を有することを要旨としている。

【0029】従って、請求項12の発明によれば、請求項11の発明の作用に加えて、光学素子の重量をさらにバランスよく支持することができる。請求項13の発明では、光軸(AX2)が重力方向と交差する方向に延びる光学素子(62)を、光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)を介して内周面に保持する鏡筒(51)において、前記光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)は、前記請求項1～12のいずれか一項に記載の光学素子支持装置より構成されたことを要旨としている。

【0030】従って、請求項13の発明によれば、請求項1～12のいずれかの発明の作用を有する光学素子支持装置により、鏡筒の本体内に光学性能の低下を招くことなく光学素子を保持することができる。

【0031】請求項14の発明では、鏡筒(51)内に光軸(AX2)が重力方向と交差する方向に延びる光学素子(62)を有する露光装置において、前記光学素子(62)は、前記請求項1～12のいずれか一項に記載の光学素子支持装置を介して鏡筒内に支持されたことを要旨としている。

【0032】従って、請求項14の発明によれば、請求項1～12のいずれかの発明の作用を有する光学素子支持装置により、光学素子の光学性能の低下が抑制されて、高精度の投影露光が可能となる。

【0033】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)以下に、本発明の第1実施形態について図1～図6に基づいて説明する。

【0034】この第1実施形態は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置において、本発明の光学素子支持装置を縦置きレンズ支持装置に具体化すると共に、本発明の鏡筒を投影光学系の一部に具体化したものである。

【0035】まず、走査型露光装置(以下、単に「露光装置」とする)について、図1及び図2に基づいて説明する。図1に示すように、露光装置31は、レチクル、フォトマスク等のマスクを照明するための露光光源32と、露光光を調整する照明光学系33と、前記マスクを載置するマスクステージ34と、露光光により照明されたマスク上の回路パターンをウェハ、ガラスプレート等の基板上に投影する投影光学系35と、前記基板を載置する基板ステージ36とから構成されている。これらの構成部分の内、露光光源32を除く部分は、温度、湿度等が高精度に制御されたチャンバ37内に収納されている。以下、この実施形態では、前記マスクとしてレチクルRを採用し、前記基板としてウェハWを採用し、レチクルR上の回路パターンをウェハW上に所定の縮小倍率にて縮小投影して転写する例について説明する。

【0036】前記露光光源32としては、例えば波長193nmのレーザ光を発するArFエキシマレーザが使用される。露光光源32からのレーザ光は、導光光学系33aを介して、前記チャンバ37内の照明光学系33に導かれる。

【0037】前記照明光学系33は、リレーレンズ、フライアイレンズ、コンデンサーレンズ等の各種レンズ系を備えている。また、同照明光学系33には、開口絞り及び前記マスクステージ34上に載置されたレチクルRのパターン面と共役な位置に配置されたブラインド等を含んで構成されている。

【0038】前記マスクステージ34は、前記照明光学系33の下方において、そのマスク載置面41が前記投影光学系35の光軸と直交するように配置されている。このマスクステージ34は、レチクルRを載置保持するためのマスクホルダ42を備えている。このマスクホルダ42は、図示しない駆動機構により、水平面内をY軸方向(図1において紙面の左右方向)に移動可能となっている。また、このマスクホルダ42は、X軸方向(図1において紙面と直交する方向)の微動およびZ軸(前記露光光ELの光軸と平行で重力方向に沿って延びる軸線)周りの微小回転が可能のように構成されている。

【0039】投影光学系35は、例えば反射光学素子43及びレンズ群44をそれぞれ3つ備えた3回反射の反射屈折光学系により構成されている。そして、これらのレンズ群により、露光光がこの投影光学系35を通過する際に、その断面形状が所定の縮小倍率 $1/n$ (n は正の整数)に縮小されるようになっている。なお、この投影光学系35の構成については、後に詳述する。

【0040】前記基板ステージ36は、定盤45と、前記X軸方向に移動可能に配置されたXステージ46と、Y軸方向に移動可能に配置されたYステージ47とを備えている。このYステージ47には、ウェハWを載置するとともに真空吸着して支持する基板ホルダ48が設けられている。このYステージ47は、走査露光時に、前

記マスクステージ34のマスクホルダ42に対して、前記投影光学系35の縮小倍率に応じて定まる速度比をもって反対方向に移動されるようになっている。

【0041】次に、前記投影光学系35について詳細に説明する。図2に示すように、投影光学系35は、 π の字状をなす鏡筒としてのレンズ鏡筒51と、全体として縮小光学系を構成する第1～第3レンズ群44a～44cと複数の反射光学素子（凹面鏡または平面鏡）43a～44cとを備えている。

【0042】前記レンズ鏡筒51の前記マスクステージ34上のレチクルRと対向するレチクル対向面部52には、第1開口部53が形成されている。また、前記レンズ鏡筒51の前記基板ステージ36上のウェハWと対向するウェハ対向面部54には、第2開口部55が形成されている。

【0043】第1レンズ群44aは、レンズ鏡筒51の第1脚部51a内に収容され、レチクルRの下方にZ軸方向に沿って延びる共通の光軸AX1を有する複数の凹レンズ、凸レンズ等によって構成されている。第2レンズ群44bは、レンズ鏡筒51の横行部51c内に収容され、前記Z軸と直交する方向に沿って延びる共通の光軸AX2を有する複数のレンズより構成されている。第3レンズ群44cは、レンズ鏡筒51の第2脚部51b内に収容され、ウェハWの上方にZ軸方向に沿って延びる共通の光軸AX3を有する複数の凹レンズ、凸レンズによって構成されている。

【0044】前記第1レンズ群44aの下方において、反射光学素子をなす凹面鏡43aは、その光軸が前記第1レンズ群44aの光軸AX1と一致するように配置されている。また、第1レンズ群44aの上方で、投影光学系35の瞳面の位置には、同じく反射光学素子をなす第1平面鏡43bが斜設されている。また、第3のレンズ群44cの上方には、同じく反射光学素子をなす比較的大型の第2平面鏡43cが斜設されている。この第2平面鏡43cは、露光光をほぼ100パーセント反射する一般的な反射ミラーとなっている。そして、それらの第1平面鏡43bと第2平面鏡43cとの間には、前記第2レンズ群44bが配置されている。

【0045】前記レチクル対向面部52の横行部51c側部分には、第1レンズ群44aの光軸AX1の近傍まで延びる第1遮光板56が設けられている。この第1遮光板56によって、第1レンズ群44aの図2における右半分に対する上方からの光の入射が制限される。また、レンズ鏡筒51の第1脚部51aと横行部51cとの接合部の底側部分には、第2レンズ群44bの光軸AX2の近傍まで延びる第2遮光板57が設けられている。この第2遮光板57は、第1レンズ群44aと第2レンズ群44bとの境界部分に対応するように配置されている。そして、この第2遮光板57によって、第1レンズ44a側からの余計な反射光や乱反射光の第2レン

ズ群44bへの入射が抑制される。

【0046】なお、この投影光学系35は、瞳面に配置された前記第1平面鏡43bと第2レンズ群44bとの間の露光光ELの光軸AXL上に、露光光に関するウェハW表面の共役点Kが存在するものとなっている。このように構成された反射屈折タイプ投影光学系35は、全屈折タイプの投影光学系と比べて、高開口数（N.A.）化、光学素子の数の減少、レーザ狭帯化の程度が緩い等のメリットがある。

【0047】次に、光学素子支持装置を構成し、前記第2レンズ群44bをレンズ鏡筒51の横行部51c内に支持するための縦置きレンズ支持装置について、詳細に説明する。

【0048】図3及び図4に示すように、縦置きレンズ支持装置61は、レンズ62の重力方向下方側の外周部に係合する下方支持部としての複数（ここでは、2つ）の第1可動支持部63a及び第2可動支持部63bと、レンズ62の重力方向上方側の外周部に係合する上方支持部としての固定支持部64とよりなっている。これらの各支持部63a、63b、64は、レンズ62の円周方向に等角度間隔をおいて配置されている。すなわち、各支持部63a、63b、64とレンズ62の中心LPとを結ぶ線分L1～L3を仮想したとき、隣接する線分L1～L3のなす複数の中心角 θ が、いずれも等しいものとなっている。また、前記第1可動支持部63aと第2可動支持部63bとは、レンズ62の光軸AX2に直交するとともに重力方向に沿って延びる軸線としてのZ軸に対して $\theta/2$ 間隔で配置されている。すなわち、前記第1可動支持部63a及び第2可動支持部63bは、それぞれ、前記Z軸に対して対称となるように配置された第1支持部及び第2支持部を構成している。

【0049】図3、図4、図5(c)、図5(d)及び図6に示すように、前記両可動支持部63a、63bは、前記レンズ62の外周部に係合する受け部材67と、装置本体としてのレンズ鏡筒51に接合保持される基台部68と、それらの間に介在された軸受構造とより構成されている。これら各可動支持部63a、63bは、主にレンズ62の重量に基づく荷重を支持する機能を有する荷重支持手段を構成している。

【0050】前記受け部材67のレンズ62側の対向面の中央には、レンズ62の円周方向に沿って延びる溝70が形成されており、その溝70内の両端にはその溝70と交差するように延びる円弧状突部71が形成されている。前記溝70にはレンズ62の外周部に形成されたつば部62aが係合し、前記円弧状突部71がレンズ62のつば部62aの外周面に当接するようになっている。つまり、2つの円弧状突部71の稜線は、所定の間隔をおいて存在する複数の支持点SPをなしている。

【0051】また、前記溝70の内側面とレンズ62のつば部62aの側面との間には、ゴム等の弾性体により

なるパッキン72が介装されている。また、受け部材67の前記レンズ62側の対向面と反対側の面の中央には、前記軸受構造の一部を構成する円錐状凹部73が形成されている。

【0052】一方、前記基台部68のレンズ62側の面の中央には、前記受け部材67の円錐状凹部73に対向するように、軸受構造の一部を構成する円錐状凹部74が形成されている。そして、前記両円錐状凹部73、74の間に、軸受構造の一部を構成するボール75が介装されている。また、この基台部68は、前記レンズ62側の面と反対側の面において、レンズ鏡筒51の内周面に形成された支持座76に対してボルト77により接合固定される。

【0053】ここで、前記ボール75は、前記受け部材67の両円弧状突部71のほぼ中間に対応する位置に配置されている。そして、このことと、前述のように両可動支持部63a、63bが前記Z軸に対して対称に配置されていることから、各可動支持部63a、63bの各支持点SPも前記Z軸に対して対称に配置されていることになる。

【0054】図3、図4、図5(a)及び図5(b)に示すように、前記固定支持部64は、前記レンズ62の外周部に係合する係合部80と、弾性部材としての板状弾性体84とを備えている。そして、この実施形態では、これら係合部80と板状弾性体84とにより、傾動規制の機能を有する傾動規制手段が構成されている。

【0055】前記係合部80のレンズ62側の対向面には、前記第1支持部63の受け部材67の対向面と同様の溝81及び円弧状突部82が形成されている。また、この溝81には、レンズ62の外周部に形成されたつば部62aが係合するようになっている。そして、レンズ62のつば部62aの一方の側面と、溝81の内壁面との間には、ゴム、バネ等の弾性体よりなるパッキン83が介装されている。また、つば部62aの他方の側面と溝81の内壁面とは直接接触する。従って、他方の側面が基準面となって構成されている。

【0056】前記板状弾性体84は平板状をなし、その長手方向がレンズ62の光軸AX2と同方向に、前記係合部80とレンズ鏡筒51の内周面に形成された支持座85との間に介装されている。この板状弾性体84は、その中央において前記係合部80の前記一側面と反対の側面にボルト86により固定されていると共に、その両端において前記支持座85の座面に一対のボルト87により固定されている。また、支持座85の座面には、両ボルト87の螺合位置の間において、前記板状弾性体84の弾性変形を許容する逃がし部88が凹設されている。このように、板状弾性体84は、前記Z軸方向のみに自由度を有するもの、つまり弾性変形可能なものとなっているとともに、光軸AX2方向への移動が規制されている。これにより、レンズ62の前記両可動支持部6

3a、63bを傾動支点とする傾動が規制されるようになっている。

【0057】また、前述したように、この縦置きレンズ支持装置61では、前記3ヶ所の第1可動支持部63a、第2可動支持部63b、固定支持部64が、等角度間隔をおいて配置されている。その両可動支持部63a、63bにおいてレンズ62の重量が上向きに支持され、その固定支持部64においてレンズ62の傾動が規制されている。そして、これらの支持部63a、63b、64は、レンズ鏡筒51の支持座76、85に接合固定されている。このため、レンズ62の前記Z軸を中心とする回転も規制されることになる。つまり、前記各支持部63a、63b、64は、レンズ62の回転規制機能を有する回転規制手段をも構成している。

【0058】次に、上記のように構成された露光装置31の動作について説明する。図1に示すように、ウエハWとレチクルRのアライメントが行われた状態で、露光光源32から露光光ELが照射されると、この露光光ELは照明光学系33を通過する際に、照明光学系33内のブラインドによって、例えばスリット状に断面形状が制限される。そして、このスリット状とされた露光光ELは、フライアイレンズ、コンデンサーレンズ等を介して回路パターンが描画されたレチクルR上のスリット状の照明領域を均一な照度で照明する。

【0059】次に、図2に示すように、このレチクルRを透過した露光光ELは、投影光学系35に入射され、第1レンズ群44aの主として左半部を透過して凹面鏡43aに至る。ここで、露光光ELは、その凹面鏡43aの光軸AX1に関して入射方向と対称な方向に反射され、第1レンズ群44aの右半部を透過して第1平面鏡43bに至る。

【0060】次に、この露光光ELは、第1平面鏡43bで反射されて、第2レンズ群44bの光軸AX2に平行な方向に向けて方向変換され、第2レンズ群44bの主として上半部を透過して第2平面鏡43cに至る。すると、この露光光ELは、第2平面鏡43cで反射されて、第3レンズ群44cの光軸AX3に平行な方向に方向変換される。

【0061】そして、この露光光ELは、第3レンズ群44cの主として左半部を透過し、第2開口部55を介して、基板ステージ36上のウエハWに至る。このように、レチクルR上の回路パターンの投影空間像は第1～第3レンズ群44a～44cを透過する際に1/n倍に縮小され、前記ウエハW上には縮小されたレチクルR上の回路パターンが投影露光される。

【0062】この露光の際には、レチクルRを載置支持するマスクホルダ42と、ウエハWを載置支持する基板ホルダ48とが前記Y軸方向に沿って互いに逆向きに所定の速度比で同期走査される。これにより、レチクルRのパターン全体が、ウエハW上の1ショット領域に転写

される。このような走査露光は、基板ステージ36のXステージ46及びYステージ47の移動により、ウエハWを順次ステップ移動しながら行われる。そして、レチクルRのパターンが、ウエハW上の全ショット領域に転写される。

【0063】以上のように構成されたこの第1実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

(イ) この縦置きレンズ支持装置61では、前記3ヶ所の第1可動支持部63a、第2可動支持部63b、固定支持部64が、等角度間隔をおいて配置されている。そして、その両可動支持部63a、63bにおいてレンズ62の重量が上向きに支持され、その固定支持部64においてレンズ62の両可動支持部63a、63bを傾動支点とする傾動が規制されている。さらに、これらの支持部63a、63b、64の協働により、レンズ62の重力方向に沿うZ軸回りの回転も規制されている。つまり、レンズ62は、3ヶ所の支持部のみで確実に保持されている。このため、従来構成のように、レンズ62とそれを支持する支持装置との間に、レンズ62のほぼ全円周にわたる面接触を生じることがない。

【0064】このため、レンズ62自身及び支持装置の支持部における平面うねり等の加工公差が、レンズ62の支持状態において、レンズ62に集中するおそれを低減できる。従って、レンズ62に予測不能なたわみが発生するおそれを抑制できると共に、レンズ62の面精度を良好に確保することができ、レンズ62の光学性能の低下を抑制することができる。

【0065】(ロ) この縦置きレンズ支持装置61においては、レンズ62が下方の2つの可動支持部63a、63bにおいてその重量が支持され、上方の1つの固定支持部64においてその傾動が規制されている。この場合、下方の両可動支持部63a、63bの近傍において、レンズ62の自重に基づく上下方向に非対称なたわみを生じることがある。

【0066】しかしながら、前述のような反射屈折型の投影光学系35では、縦置き状態となる第2レンズ群44bにおいて、露光光ELは前記両可動支持部63a、63bの近傍を含む下端部を通過することなく、例えば図3及び図4に二点鎖線で示す範囲内のように主として上半部を透過する。このため、前記のようなたわみがレンズ62の下方部分に生じててもその影響は小さい。従って、この縦置きレンズ支持装置61は、反射屈折型の投影光学系35のレンズ支持装置として特に好適である。

【0067】(ハ) この縦置きレンズ支持装置61においては、レンズ62の重量を支持する両可動支持部63a、63bが、レンズ62の中心LPを通り重力方向に沿うZ軸に対して対称になるように配置されている。また、その両可動支持部63a、63bの各支持点SPも、前記Z軸に対して対称になるように配置されている。従って、レンズ62の重量がバランスよく支持され

て、レンズ62の水平方向に非対称なたわみの発生量を低減することができる。

【0068】(ニ) この縦置きレンズ支持装置61では、各可動支持部63a、63bに2つの支持点SP（本実施形態では円弧状突部71）を有する受け部材67が用いられている。このため、レンズ62の重量は、各可動支持部63a、63b内においても2つの支持点SPに分散されている。従って、各可動支持部63a、63b内において、レンズ62の荷重が一点に集中することが抑制され、各支持点SPの近傍におけるレンズ62のたわみ量を低減することができる。

【0069】(ホ) この縦置きレンズ支持装置61の各可動支持部63a、63bには、軸受構造（本実施例では、一對の円錐状凹部73、74とボール75とよりなる）が介在されている。このため、ボール75の中心BPを揺動中心とした受け部材67の揺動が許容される。つまり、レンズ62の装着状態において、レンズ62と基台部68との間に相対配置の自由度が生じていることになる。これにより、受け部材67とレンズ62との相対的位置が、レンズ62のつば部62aの外周面に沿うように自動的に微調整される。従って、この微調整により、レンズ62自身及び両可動支持部63a、63bの各部材の加工公差を吸収することができる。

【0070】また、レンズ62を各可動支持部63a、63bに装着した際に、レンズ62が自重によりたわんで、そのつば部62aの外周面がわずかに変形したとしても、その変形に応じて、前記受け部材67が揺動される。従って、レンズ62に前記変形が生じたとしても、レンズ62の外周面と受け部材67の支持点SPとの係合を確保することができる。

【0071】(ヘ) この縦置きレンズ支持装置61においては、固定支持部64が板状弾性体84を介してレンズ鏡筒51に接合固定されている。ここで、板状弾性体84はレンズ62の光軸AX2の方向（即ち、重力方向と直交する方向）には弾性変形が困難なものとなっているため、前記両可動支持部63a、63bを傾動支点とするレンズ62の傾動を確実に抑制することができる。

【0072】ところで、レンズ62の重量はその下方において両可動支持部63a、63bにより支持されているため、レンズ62をはじめてとする各部材の重力に沿う方向における加工公差はレンズ62の上方側に集中することになる。この加工公差の集中に基づいて、レンズ62と固定支持部64との間に位置ずれを生じることがある。また、レンズ62と固定支持部64の各部材とは線膨張係数がそれぞれ異なるため、環境温度の変化に伴って、同様の位置ずれを生じることもある。

【0073】ここで、前記板状弾性体84は、重力方向である上下方向には弾性変形可能なものとなっているため、レンズ62の半径方向における、前記位置ずれを容

易に吸収することができる。従って、レンズ 6 2 の重力方向におけるたわみの発生量を低減することができる。

【0074】(ト) このレンズ鏡筒 5 1 においては、レンズ 6 2 が前記構成の縦置きレンズ支持装置 6 1 を介して保持されている。従って、レンズ 6 2 におけるたわみの発生量が低減されて、レンズ鏡筒 5 1 内に光学性能の低下を生じることなくレンズ 6 2 を保持することができる。

(チ) この露光装置 3 1 において、その第 2 レンズ群 4 4 b を構成する複数のレンズ 6 2 は、前記構成の縦置きレンズ支持装置 6 1 を介してレンズ鏡筒 5 1 の横行部 5 1 c 内に保持されている。このため、各レンズ 6 2 における光学性能の低下が抑制されて、高精度の投影露光が可能となる。

【0075】(第 2 実施形態) 次に、この発明の第 2 実施形態について、前記第 1 実施形態と異なる部分を中心に、図 7 ～ 図 10 に基づいて説明する。この第 2 実施形態の縦置きレンズ支持装置 9 1 においては、可動支持部 9 2 a、9 2 b 及び第 2 支持部 9 3 の構成が前記第 1 実施形態と異なっている。

【0076】図 7 ～ 図 10 に示すように、この第 2 実施形態の第 1 可動支持部 9 2 a 及び第 2 可動支持部 9 2 b は、前記第 1 実施形態の受け部材 6 7 に相当する部材が省略されている。そして、レンズ 6 2 のつば部 6 2 a の外周面上には、両可動支持部 9 2 の基台部 6 8 の円錐状凹部 7 4 と対応するように、円錐状凹部 9 4 が形成されている。それらの円錐状凹部 7 4、9 4 の間にはボール 7 5 が介装され、そのボール 7 5 により各可動支持部 9 2 の支持点 S P が構成されている。つまり、本実施形態の縦置きレンズ支持装置 9 1 は、各可動支持部 9 2 毎に 1 つの支持点 S P を有している。

【0077】また、固定支持部 9 3 の係合部 8 0 は、断面 L 字状の板状弾性体 9 5 を介して、レンズ 6 2 の光軸 A X 2 に沿って延びるようにレンズ鏡筒 5 1 の支持座 8 5 に形成された取付溝 9 6 の内側面に取着されている。この板状弾性体 9 5 の折り曲げ部の中央には、スリット 9 7 が形成されている。このスリット 9 7 の存在により、板状弾性体 9 5 の重力方向である上下方向 (Z 軸方向) 及びレンズ 6 2 の光軸 A X 2 と交差する水平軸に沿う方向 (X 軸方向) への自由度、つまり弾性変形機能が確保されている。そして、板状弾性体 9 5 は、水平面部 9 8 の中央においてボルト 8 6 により前記係合部 8 0 に接合固定されている。また、板状弾性体 9 5 は、垂直面 9 9 の中央においてボルト 1 0 0 により前記取付溝 9 6 の内側面に形成された支持突部 1 0 1 に接合固定されている。この支持突部 1 0 1 の両側は、板状弾性体 9 5 の前記 X 軸方向への弾性変形を許容する逃がし部 1 0 2 となっている。

【0078】以上のように構成されたこの第 2 実施形態によれば、前記第 1 実施形態の (イ) ～ (ハ) 及び

(ヘ) とほぼ同様の効果に加えて、さらに以下の作用効果を奏する。

【0079】(リ) この縦置きレンズ支持装置 9 1 では、前記両可動支持部 9 2 a、9 3 b において、ボール 7 5 が直接レンズ 6 2 の外周面上に形成された円錐状凹部 9 4 に係合している。このため、部品点数を少なくできて、構成の簡素化を図ることができる。

【0080】(ヌ) この縦置きレンズ支持装置 9 1 の固定支持部 9 3 に介装された板状弾性体 9 5 は、前記 Z 軸方向及び X 軸方向への弾性変形が可能なものとなっている。このため、レンズ 6 2 の半径方向のみならず、レンズ 6 2 の X 軸方向における、レンズ 6 2 と固定支持部 9 3 との位置ずれを容易に吸収することができる。従って、レンズ 6 2 のたわみの発生量をさらに低減することができる。

【0081】(第 3 実施形態) 次に、この発明の第 3 実施形態について、前記第 1 実施形態と異なる部分を中心に図 11 ～ 図 15 に基づいて説明する。この第 3 実施形態の縦置きレンズ支持装置 1 0 6 においては、両可動支持部 1 0 7 a、1 0 7 b の構成が前記第 1 実施形態と異なっている。

【0082】図 11 及び図 12 に示すように、この第 3 実施形態の第 1 可動支持部 1 0 7 a 及び第 2 可動支持部 1 0 7 b は、そのレンズ 6 2 の外周部に係合する受け部材 1 0 8 がレンズ 6 2 の円周方向に沿って延長されたものとなっている。また、一方の第 1 可動支持部 1 0 7 a の基台部 6 8 のレンズ 6 2 側の対向面には、前記第 1 実施形態の円錐状凹部 7 4 に代えてレンズ 6 2 の円周方向に沿って延びる V 溝 1 0 9 が形成されている。そして、第 1 可動支持部 1 0 7 a においては、受け部材 1 0 8 の背面上の円錐状凹部 7 3 と基台部 6 8 上の V 溝 1 0 9 との間にボール 7 5 が介装されている。この V 溝 1 0 9 により、第 1 可動支持部 1 0 7 a がレンズ 6 2 の円周方向への移動調節が可能となり、この V 溝 1 0 9 は軸受構造の一部を構成するとともに調節手段を構成している。

【0083】また、前記両可動支持部 1 0 7 a、1 0 7 b は、荷重支持機能を有しており、その各支持点 S P a、S P b は、レンズ 6 2 の荷重に対するそのレンズ 6 2 の中心 L P 方向への反力の作用点をなしている。ここで、その各支持点 S P における支持力、つまり前記レンズ 6 2 の中心 L P に向かう反力が、レンズ 6 2 を上下に 2 分する水平面上では 0 であり、支持点 S P が下方に移動するに従って徐々に増していき、レンズ 6 2 の最下部で最大になるように、前記各支持点 S P a、S P b が配置されている。すなわち、前記水平面内においてレンズ 6 2 の光軸 A X 2 と直交する軸線、つまり X 軸と、レンズ 6 2 の中心 L P と各支持点 S P a、S P b とを結ぶ各線分とのなす角度を θa 、 θb としたときに、その各支持点 S P における前記反力の比が $\sin \theta a$ 、 $\sin \theta b$ をなすように、各支持点 S P a、S P b が配置されて

いる。なお、図11に示すように、各可動支持部107a、107bにおいて、支持点SPaはZ軸側の支持点であり、支持点SPbはX軸側の支持点である。

【0084】次に、各支持点SPa、SPbが等角度(θ_s)間隔でかつこのように配置された場合において、各支持点SPa、SPbにおける支持荷重の分布について説明する。

【0085】前記 θ_a 及び θ_b は、 θ_s によりそれぞれ次式のように表される。

【0086】

【数1】

$$\theta_a = 90 - \frac{\theta_s}{2} \quad \dots (1)$$

となる。

【0089】次に、各可動支持部107a、107bのレンズ鏡筒51に対する基台部68の接合位置について考える。ここでは、受け部材108における両支持点SPa、SPbの振り分け比、つまりボール75の中心BPとレンズ62の中心LPとを結んだ線分と、各支持点SPa、SPbとレンズ62の中心LPとを結んだ線分

$$BP = BP_a = BP_b = LP \quad \dots (2)$$

となる。

【0091】また、レンズ62全体の重量Mを、それぞれ2ヶ所づつの支持点SPa及び支持点SPbで支持す

$$M = F_a + F_b \quad \dots (3)$$

よって、式(3)及び式(5)から、 F_a 及び F_b について解くと、

$$F_a = \frac{M \cdot \sin \theta_a}{2 (\sin^2 \theta_a + \sin^2 \theta_b)} \quad \dots (6)$$

【0094】

$$F_b = \frac{M \cdot \sin \theta_b}{2 (\sin^2 \theta_a + \sin^2 \theta_b)} \quad \dots (7)$$

となる。次に、この第3実施形態の縦置きレンズ支持装置106における最適な各支持点の位置を求めるために、平行平板状のレンズを用いてたわみ量の測定を行った結果について説明する。

【0095】図13にはレンズの重力方向のたわみ量(同図において上側の線Sz1)、図14にはレンズの光軸方向のたわみ量(同図において上側の線Sy1)が示されている。ここで、レンズの光軸方向へのたわみ量は、その重力方向へのたわみ量に比べてほぼ1/20程度と小さく、ほとんど無視しうるものであった。

【0096】ここで、中心角 θ_s が5°に満たない範囲では、両可動支持部107a、107bが非常に近接したものとなって、両可動支持部107a、107bの支持に基づくレンズの重力方向に沿うZ軸回りの回転の規制効果が低下する。また、この中心角 θ_s の範囲では、両可動支持部107a、107bが干渉して、所望の中心角 θ_s を確保できなくなるおそれもあった。

$$\theta_a = 90 - \frac{\theta_s}{2} \quad \dots (1)$$

【0087】

【数2】

$$\theta_b = 90 - \frac{3}{2} \theta_s \quad \dots (2)$$

ここで、各支持点SPa、SPbにおける各反力 F_a 、 F_b の比が $\sin \theta$ をなすようになっているため、

【0088】

【数3】

とのなす角度 α 、 β の比について考えればよいことになる。各可動支持部107a、107b内における各支持点SPa、SPbにおいても同様の反力 F_a 、 F_b の比となっているので、前記角度 α 、 β の比は、

【0090】

【数4】

ることから、次式が成り立つ。

【0092】

【数5】

【0093】

【数6】

【数7】

【0097】一方、前記中心角 θ_s が60°を超える範囲では、各可動支持部107a、107bの2つの支持点SPa、SPbがX軸を挟んで存在することになる。このため、一方の支持点SPbによるレンズの荷重の支持効果が期待できなくなる。

【0098】これに対して、図に示す中心角 θ_s が5°～60°の範囲では、そのほぼ全域にわたって、レンズのたわみ量は十分に満足しうる範囲であった。また、前記中心角 θ_s が15°～35°の範囲では、レンズのたわみ量の変化が非常に小さいものとなった。さらに、中心角 θ_s が20°～30°の範囲では、図13及び図14から明らかなように、レンズのたわみ量の変化はほとんど見られなかった。

【0099】この結果に基づいて、この縦置きレンズ支持装置106における各支持点SPa、SPbの最適配置の一例を示すとすれば、図15のように、各支持点SPa、SPbが中心角 $\theta_s = 25^\circ$ 程度で等間隔に配置

されたものとなる。この場合、各可動支持部 107 a、107 b における前記各支持点 S P a、S P b の振り分けは、前記式 (1) ~ (7) により、ボール 75 に対して X 軸側の支持点 S P b が中心角で 13.8° の位置、Z 軸側の支持点 S P a が中心角で 11.2° の位置と求まる。

【0100】以上のように構成されたこの第 3 実施形態によれば、前記第 1 実施形態の (イ) ~ (ヘ) とほぼ同様の効果に加えて、さらに以下の効果を奏する。

(ル) この縦置きレンズ支持装置 106 では、第 1 可動支持部 107 a がレンズ 62 の円周方向に沿って移動調節可能なものとなっている。このため、加工公差及び環境温度の変化に基づいて、レンズ 62 と両可動支持部 107 a、107 b との位置ずれが生じても、第 1 可動支持部 107 a が前記円周方向に移動することで容易に吸収される。また、レンズ 62 は、露光光が通過した際の蓄積熱により熱膨張を生じる場合がある。このとき、レンズ 62 の円周方向の膨張は受け部材 108 の円周方向の移動で吸収され、レンズ 62 の光軸方向の膨張はパッキン 83 の変形で吸収される。従って、前記位置ずれに基づくたわみの発生が抑制されて、レンズ 62 の光学性能の低下を抑制することができる。

【0101】しかも、この第 1 可動支持部 107 a のレンズ 62 の円周方向への調節手段は、ボール 75 と V 溝 109 とを含んでいる。このため、レンズ 62 にその円周方向への力が生じたりすると、ボール 75 が V 溝 109 に沿って転動される。従って、第 1 可動支持部 107 a のレンズ 62 の円周方向における移動調節を容易かつ確実に行うことができる。

【0102】(ヲ) この縦置きレンズ支持装置 106 では、両可動支持部 107 a、107 b の各支持点 S P a、S P b におけるレンズ 62 の荷重に対応する反力 F a、F b の比が $\sin \theta$ となるように、各支持点 S P a、S P b が配置されている。このため、各支持点 S P a、S P b における支持荷重の分布をほぼ最適状態とすることができる。従って、レンズ 62 をさらに安定した状態で支持することができると共に、レンズ 62 のたわみの発生量において一層の低減を図ることができる。

【0103】(第 4 実施形態) 次に、この発明の第 4 実施形態について、前記第 3 実施形態と異なる部分を中心に図 16 ~ 図 18 に基づいて説明する。この第 4 実施形態の縦置きレンズ支持装置 111 においては、前記第 3 実施形態において、上方支持部として、前記固定支持部 64 に加えて牽引手段が設けられた第 3 支持部としての第 1 牽引支持部 112 a 及び第 4 支持部としての第 2 牽引支持部 112 b を設けたものとなっている。

【0104】図 16 ~ 図 18 に示すように、この第 1 牽引支持部 112 a 及び第 2 牽引支持部 112 b は、レンズ 62 を重力方向の上下に 2 分する水平面より上方において、その最上方に配置された固定支持部 64 を挟んで

対をなすように設けられている。つまり、第 1 牽引支持部 112 a 及び第 2 牽引支持部 112 b は、前記 Z 軸に対して対称をなすように配置され、それぞれ、第 1 支持部及び第 2 支持部をも構成している。また、第 1 牽引支持部 112 a は第 1 可動支持部 107 a と、第 2 牽引支持部 112 b は第 2 可動支持部 107 b と、それぞれレンズ 62 の中心 L P に対して対称となるように配置されている。

【0105】各牽引支持部 112 a、112 b は、レンズ 62 の外周面に接着層 113 を介して接合する接合部 114 と、レンズ鏡筒 51 に形成された取付孔 115 内に収容された牽引手段としての牽引バネ 116 と、それら接合部 114 と牽引バネ 116 とを連結する連結部材 117 とより構成されている。

【0106】前記接合部 114 は、その長手方向がレンズ 62 の円周方向に沿って延びており、その長手方向のレンズ 62 側の側面には一対の支持点 S P a、S P b をなす接合爪 120 が立設されている。この接合爪 120 において、接合部 114 とレンズ 62 とが接着層 113 を介して接合固定されている。前記牽引バネ 116 は、その一端が前記取付孔 115 の底部 115 a に当接している。

【0107】前記連結部材 117 は、断面 π の字状の橋架片 121 とその橋架面 121 a から垂直に立設された連結ロッド 122 とからなっている。前記橋架片 121 は、その脚部 121 b が前記接合部 114 の図 16 において上面を跨ぐように配置され、その脚部 121 b においてピン 123 により前記接合部 114 に固定されている。前記連結ロッド 122 は、前記牽引バネ 116 の内部、及び、前記取付孔 115 の底部 115 a に穿設された連通孔 115 b に挿通されている。その連結ロッド 122 の先端にはヘッド部 122 a が設けられており、このヘッド部 122 a が所定の付勢力を持つように押し縮められた前記牽引バネ 116 の他端に係合されている。この係合により、牽引バネ 116 の付勢力が連結ロッド 122、橋架片 121、ピン 123、接合部 114 及び接着層 113 を介してレンズ 62 に作用する。そして、レンズ 62 が上方に牽引された状態となって、両牽引支持部 112 a、112 b によりレンズ 62 の重量の一部が分担支持されるようになっている。このように両牽引支持部 112 a、112 b も荷重支持手段を構成している。

【0108】次に、この第 4 実施形態の縦置きレンズ支持装置 111 において、前記第 3 実施形態の縦置きレンズ支持装置 106 と同様に、平行平板状のレンズを用いてたわみ量の測定を行った結果について説明する。

【0109】図 13 にはレンズの重力方向のたわみ量 (同図において下側の線 S z 2)、図 14 にはレンズの光軸方向のたわみ量 (同図において下側の線 S y 2) が示されている。この第 4 実施形態の縦置きレンズ支持装

置 111 では、前記第 3 実施形態の同装置 106 と比べると、図 13 及び 図 14 から明らかなように、全体的にたわみ量が重力方向で $1/3$ 程度、光軸方向で $1/2$ 程度の値となった。

【0110】ここで、たわみ量の比較的大きな重力方向のたわみについて注目すると、前記中心角 θ_s が $10^\circ \sim 40^\circ$ の範囲でそのたわみ量の変化が小さいものであった。さらに、中心角 θ_s が $15^\circ \sim 25^\circ$ の範囲では、そのたわみ量の変化はほとんど見られなかった。

【0111】この結果に基づいて、この縦置きレンズ支持装置 111 における各支持点 S P a、S P b の最適配置の一例を示すとすれば、図 16 のように、各支持点 S P a、S P b が中心角 $\theta_s = 25^\circ$ 程度で等間隔に配置されたものとなる。この場合、各可動支持部 107 a、107 b 及び牽引支持部 112 a、112 b における前記各支持点 S P a、S P b の振り分けは、前記式 (1) ~ (7) により、ボール 75 の中心 B P あるいは連結ロッド 122 に対して X 軸側の支持点 S P a が中心角で 13.8° の位置、Z 軸側の支持点 S P b が中心角で 11.2° の位置と求まる。

【0112】以上のように構成されたこの第 4 実施形態によれば、前記各実施形態の (イ) ~ (ヘ)、(ル) 及び (ヲ) とほぼ同様の効果に加えて、さらに以下の効果を奏する。

【0113】(ウ) この縦置きレンズ支持装置 111 においては、両牽引支持部 112 a、112 b にレンズ 62 の重量の一部を牽引支持する牽引バネ 116 が設けられている。このため、レンズ 62 の重量が下方の両可動支持部 107 a、107 b で受承されるだけでなく、上方の両牽引支持部 112 a、112 b によっても牽引支持される。このため、各支持点 S P a、S P b における分担荷重がさらに低減されて、レンズ 62 のたわみ量を一層低減することができる。

【0114】(カ) この縦置きレンズ支持装置 111 においては、レンズ 62 の重量の一部を分担支持する各牽引支持部 112 a、112 b が、同じくレンズ 62 の重量の一部を分担支持する各可動支持部 107 a、107 b と、レンズ 62 の中心 L P に対して対称となるように配置されている。このため、レンズ 62 の重量をさらにバランスよく支持することができる。

【0115】なお、本発明に係る前記各実施形態は、以下のように変更して具体化することもできる。

・ 前記各実施形態において、可動支持部 63、92、107 を 3 つ以上設けてもよい。また、前記第 4 実施形態において、牽引支持部 112 を 3 つ以上設けてもよい。これらのように構成した場合、レンズ 62 の重量が各支持部 63、92、107、112 においてさらに分散されて、各支持部 63、92、107、112 における分担荷重がさらに低減される。そして、レンズ 62 のたわみ量がさらに低減される。

【0116】・ 前記各実施形態の受け部材 67、108 に、3 つ以上の円弧状突起 71 を設けて、レンズ 62 の外周部を係合させてもよい。また、前記第 4 実施形態において、各牽引支持部 112 a、112 b の接合部 114 の接合爪 120 の数を 3 つ以上としてもよい。これらのように構成した場合、レンズ 62 の重量が各受け部材 67、108 の円弧状突起 71 あるいは接合部 114 の接合爪 120 にさらに分散された状態で作用するため、各支持点 S P における分担荷重がさらに低減される。そして、各支持点の近傍におけるレンズ 62 のたわみ量がさらに低減される。

【0117】・ 前記第 4 実施形態において、各牽引支持部 112 a、112 b の接合部 114 の接合爪 120 の数を 1 つとしてもよい。このように構成した場合、各牽引支持部 112 a、112 b の構成の簡素化を図ることができる。

【0118】・ 前記第 1 実施形態において、各可動支持部 63 a、63 b の受け部材 67 を、ボール 75 を中心としてレンズ 62 の円周方向に沿って両側に延長してもよい。

【0119】・ 前記第 1 実施形態において、可動支持部 63 をレンズ 62 の最下位に対応する部分に 1ヶ所のみに設けると共に、レンズ 62 の X 軸に対応する位置またはその X 軸に対して反対側となる位置に複数の固定支持部 64 とほぼ同様の構成の傾動規制手段を設けてもよい。

【0120】・ 前記第 4 実施形態において、レンズ 62 の下方に位置する各可動支持部 107 a、107 b を省略して両牽引支持部 112 a、112 b のみによりレンズ 62 の重量を支持すると共に、例えば固定支持部 64 をレンズ 62 の下方に設けてレンズ 62 の傾動を規制し、これら固定支持部 64 と両牽引支持部 112 a、112 b との協働によりレンズ 62 の Z 軸回りの回転を規制するようにしてもよい。

【0121】・ 前記各実施形態の固定支持部 64、93 において、板状弾性体 84、95 を介することなく係合部 80 をレンズ鏡筒 51 の支持座 85 に直接固定してもよい。このように構成すれば、傾動規制手段が係合部 80 だけとなるので、固定支持部 64、93 の構成の簡素化を図ることができる。

【0122】・ 前記第 4 実施形態において、固定支持部 64 を省略し、両可動支持部 107 a、107 b 及び両牽引支持部 112 a、112 b を、そのレンズ 62 の中心 L P とボール 75 の中心 B P とを結ぶ線分及び連結ロッド 122 の軸線（延長線がレンズ 62 の中心を通るものとする）の全ての隣接する線分及び軸線が、等角度間隔、つまり 90° 間隔をなすように配置してもよい。このように構成した場合、レンズ 62 の重量に基づく荷重が X 軸及び Z 軸に対してバランスよく支持されて、レンズ 62 の X 軸と Z 軸とにより区画される各領域におい

て非対称なたわみの発生を抑制することができる。

【0123】ところで、この明細書において、光学素子は、レンズに限定されるものではなく、また図に示すような凸レンズに限定されるものでもない。すなわち、この光学素子は、凹レンズ、平面レンズ、凸面鏡、凹面鏡、平面鏡、フィルタ等をも含むものである。また、この光学素子は、その光軸が重力方向と直交する方向のものだけではなく、交差する方向のものにも適用できる。

【0124】また、この明細書において、露光装置は、半導体素子製造用の露光装置に限定されるものではなく、また、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置あるいは縮小投影型の露光装置に限定されるものでもない。すなわち、この露光装置は、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置、等倍投影型の露光装置、液晶表示素子、撮像素子、薄膜磁気ヘッド等の製造用の露光装置をも含むものである。

【0125】さらに、この明細書において、露光光源は、ArFエキシマレーザに限定されるものではなく、例えば電子線源、X線源、KrFエキシマレーザ光源、F₂エキシマレーザ光源、YAGレーザ及び金属蒸気レーザ等の高調波、i線等の紫外線ランプ、h線、g線等の可視光ランプ等をも含むものである。

【0126】本実施形態の光学素子支持装置は、前述した機能を達成するために、装置を構成する各要素が機械的に結合されて組み上げられる。同様に、上記光学素子支持装置を備える露光装置は、前述した機能を達成するために、装置を構成する各要素が機械的、電気的、光学的に結合されて組み上げられる。

【0127】また、前記各実施形態からは、以下に記載の技術的思想をも抽出することができる。

(1) 前記中心角は15°～35°の範囲内である請求項6に記載の光学素子支持装置。

【0128】このように構成すれば、光学素子の重力方向のたわみ量の変化を同範囲において非常に小さくすることができる。

(2) 前記中心角は20°～30°の範囲内である前記(1)に記載の光学素子支持装置。

【0129】このように構成すれば、同範囲における光学素子の重力方向のたわみ量の変化が、ほとんど存在しない状態とすることができる。

(3) 前記軸受構造は、互いに対向するように設けられた一対の円錐状凹部と、それらの円錐状凹部の間に介在された球状の軸受部材とによりなる請求項7、8、前記(1)及び(2)のいずれかに記載の光学素子支持装置。

【0130】このように構成すれば、光学素子が球状の軸受部材に沿って揺動可能となり、光学素子自身及び支持部等の各部材の加工公差を吸収できて、それに基づく光学素子におけるたわみの発生量を低減できる。

【0131】(4) 前記調節手段は、前記軸受構造の

一方の対向面に円錐状凹部を設け、他方の対向面に光学素子の外周方向に沿って延びるV溝を設け、その円錐状凹部とV溝との間に球状の軸受部材を介在させた請求項8または前記(3)に記載の光学素子支持装置。

【0132】このように構成すれば、球状の軸受部材がV溝に沿って転動し、前記支持部の光学素子の円周方向における移動調節を容易かつ確実に行うことができる。

(5) 前記軸受構造は、光学素子の外周部に形成された一方の凹部と、前記光学素子を装置本体に対して保持する基台部に形成された他方の凹部と、それら両凹部の間に介在された軸受部材とから構成された請求項7に記載の光学素子支持装置。

【0133】このように構成すれば、部品点数の削減を図ることができて、荷重支持手段を構成する支持部の簡素化を図ることができる。

【0134】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、光学素子への加工公差の集中が抑制されるので、光学素子におけるたわみの発生量を低減でき、光学素子の高い光学性能を容易に確保できる。

【0135】請求項2の発明によれば、請求項1の発明の効果に加えて、光学素子におけるその荷重支持手段を傾動支点とした傾動を確実に抑制することができる。また、光学素子の荷重支持手段側が主にたわむため、露光光を主としてたわみの少ない側の透過させることにより、光学素子のたわみの影響を小さくすることができる。

【0136】請求項3の発明によれば、請求項2の発明の効果に加えて、光学素子が重力方向に沿う軸線に対してバランスよく支持されるので、光学素子の前記軸線の両側における非対称なたわみの発生をより抑制できる。

【0137】請求項4の発明によれば、請求項2または3の発明の効果に加えて、光学素子が一層バランスよく支持されて、光学素子における非対称なたわみの発生を一層抑制できる。

【0138】請求項5の発明によれば、請求項3または4の発明の効果に加えて、各支持部における支持荷重の配置をほぼ最適な状態とすることができ、光学素子のたわみの発生をさらに抑制することができる。

【0139】請求項6の発明によれば、請求項5または6の発明の効果に加えて、光学素子の回転規制を確保できる共に、受け部材の各支持点における荷重の分担効果が効率よく発揮される。

【0140】請求項7の発明によれば、請求項3～6のいずれかの発明の効果に加えて、光学素子と各支持部との間に相対配置の自由度が生まれ、光学素子自身及び支持部等の各部材の加工公差を吸収することができる。

【0141】請求項8の発明によれば、請求項3～7のいずれかの発明の効果に加えて、光学素子の円周方向における光学素子自身及び支持部の各部材の加工公差及び

熱膨張を吸収することができる。

【0142】請求項9及び10の発明によれば、請求項2～8のいずれかの発明の効果に加えて、光学素子の傾動を確実に抑制しつつ、各部材の加工公差及び環境温度の変化に基づく光学素子と支持装置との寸法ずれを吸収することができる。

【0143】請求項11の発明によれば、請求項2～10のいずれかの発明の効果に加えて、上方支持部においても、光学素子の重量の一部または全部を支持することができる。特に、下方支持部にも荷重支持手段が設けられたような構成では、各支持点における分担荷重がさらに低減され、光学素子のたわみ量を一層低減することができる。

【0144】請求項12の発明によれば、請求項11の発明の効果に加えて、光学素子の重量をさらにバランスよく支持することができる。請求項13の発明によれば、鏡筒の本体内に光学性能の低下を招くことなく光学素子を保持することができる。

【0145】請求項14の発明によれば、光学素子の光学性能の低下が抑制されて、高精度の投影露光を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 走査型露光装置の概略を示す説明図。

【図2】 図1の投影光学系とその近傍を詳細に示す説明図。

【図3】 第1実施形態の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図4】 図3の4-4線断面図。

【図5】 (a)は図4の固定支持部を示す部分拡大断面図、(b)は図3の5b-5b線での部分拡大断面図、(c)は図4の可動支持部を示す部分拡大断面図、(d)は図3の5d-5d線での部分拡大断面図。

【図6】 図3の可動支持部を示す部分拡大正断面図。

【図7】 第2実施形態の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図8】 図7の8-8線断面図。

【図9】 図8の、(a)は固定支持部を、(b)は可動支持部をそれぞれ示す部分拡大断面図。

【図10】 図7の可動支持部を示す部分拡大正断面図。

【図11】 第3実施形態の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図12】 図11の、(b)は第1可動支持部を、

(a)は第2可動支持部をそれぞれ示す部分拡大断面図。

【図13】 平行平板レンズにおける重力方向のたわみ量に関するグラフ。

【図14】 平行平板レンズにおける光軸方向のたわみ量に関するグラフ。

【図15】 図11の縦置きレンズ支持装置の最適状態の一例を示す正面図。

【図16】 第4実施形態の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図17】 図16の17-17線断面図。

【図18】 図17の牽引支持部を示す部分拡大断面図。

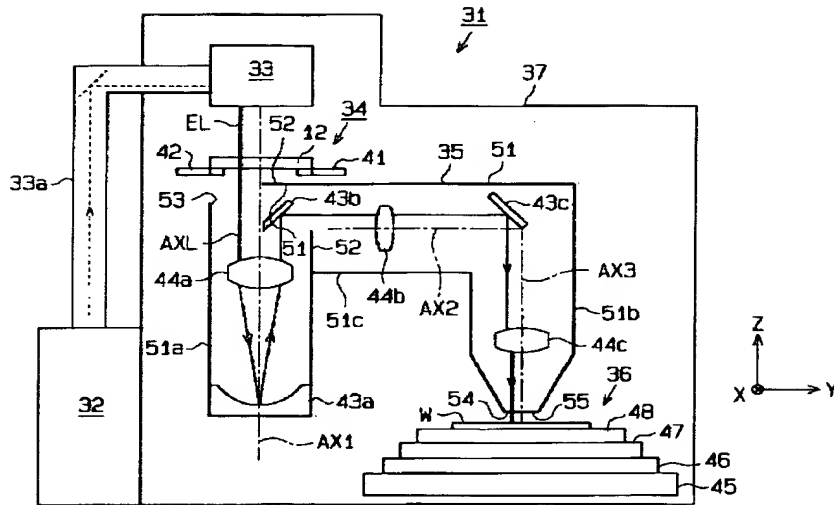
【図19】 従来の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図20】 図19の20-20線断面図。

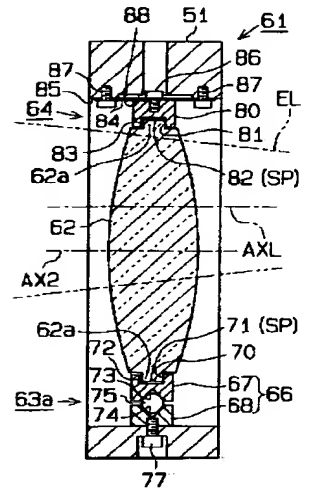
【符号の説明】

31…走査型露光装置、51…鏡筒としてのレンズ鏡筒、61、91、106、111…光学素子支持装置としての縦置きレンズ支持装置、62…光学素子としてのレンズ、62a…外周部としてのつば部、63a、92a、107a…下方支持部、第1支持部及び荷重支持手段の一部を構成し、回転規制機能を有する第1可動支持部、63b、92b、107b…下方支持部、第2支持部及び荷重支持手段の一部を構成し、回転規制機能を有する第2可動支持部、64、93…上方支持部及び回転規制手段の一部を構成する固定支持部、73、74…軸受構造の一部を構成する円錐状凹部、75…軸受構造の一部を構成するボール、80…傾動規制手段の一部を構成する係合部、84、95…傾動規制手段の一部を構成するとともに弾性部材としての板状弾性体、109…軸受構造の一部及び調節手段を構成するV溝、112a…上方支持部の一部、第3支持部及び荷重支持手段の一部を構成し、回転規制機能を有する第1牽引支持部、112b…上方支持部の一部、第4支持部及び荷重支持手段の一部を構成し、回転規制機能を有する第2牽引支持部、116…牽引手段としての牽引バネ、AX2…光学素子の光軸としての第2レンズ群の光軸、Fa、Fb…反力、LP…光学素子の中心、L1～L3…光学素子の中心と各支持部とを結ぶ線分、SPa、SPb…作用点を構成する支持点、X…水平面内において光軸と直交する軸線、Z…光軸と直交するとともに重力方向に沿って延びる軸線、 θ 、 θ_s …中心角。

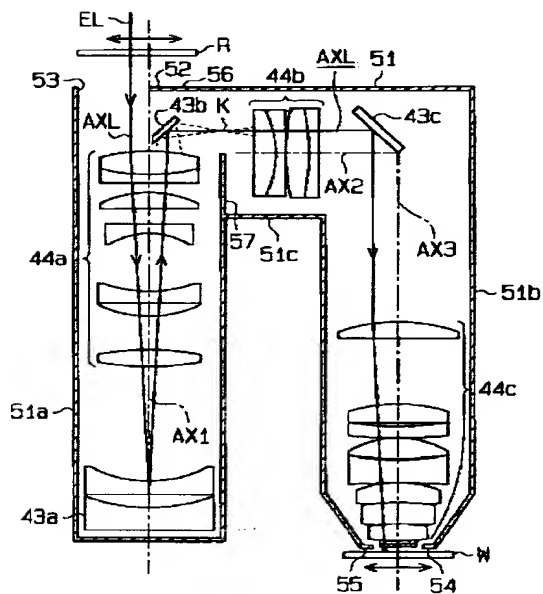
【図1】



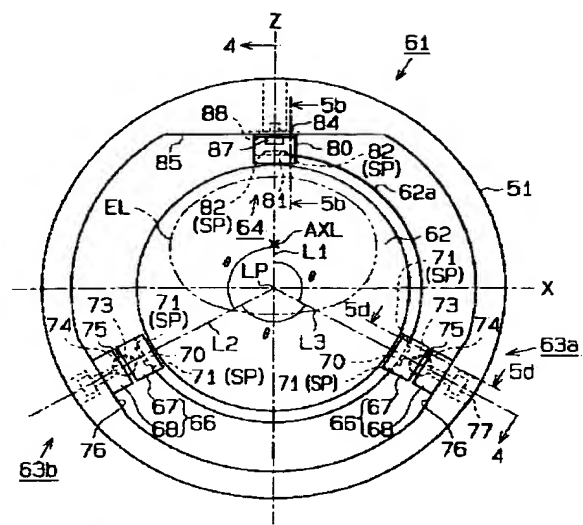
【図4】



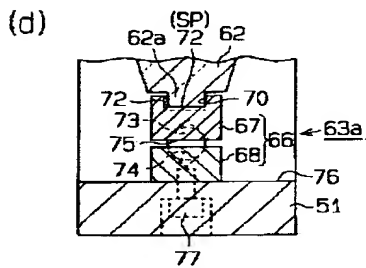
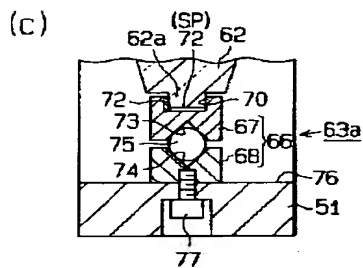
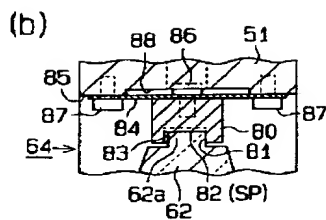
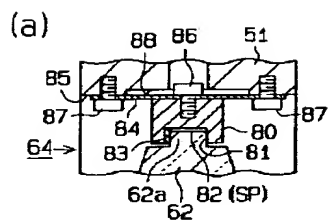
【図2】



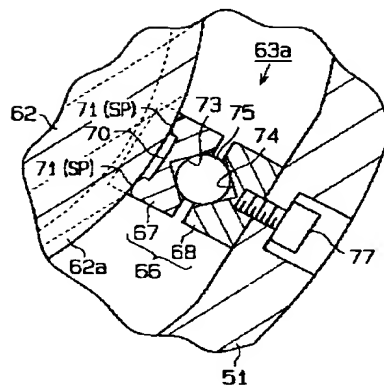
【図3】



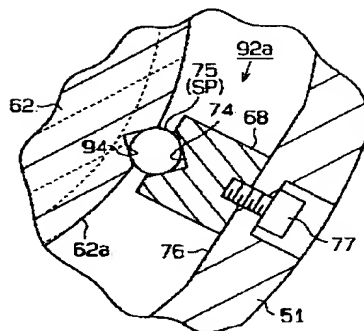
【図5】



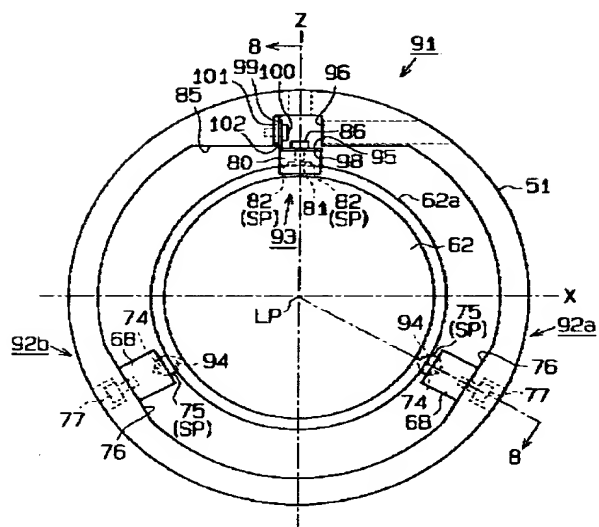
【図6】



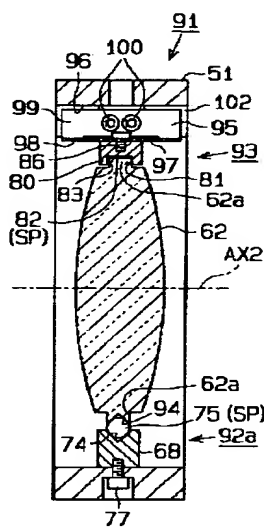
【図10】



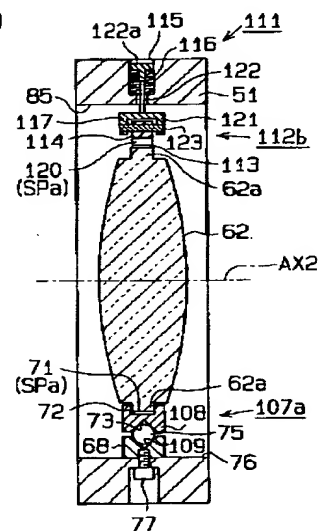
【図7】



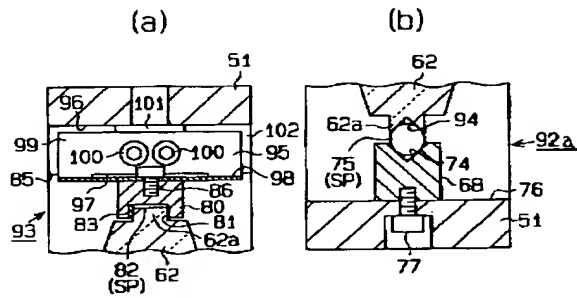
【図8】



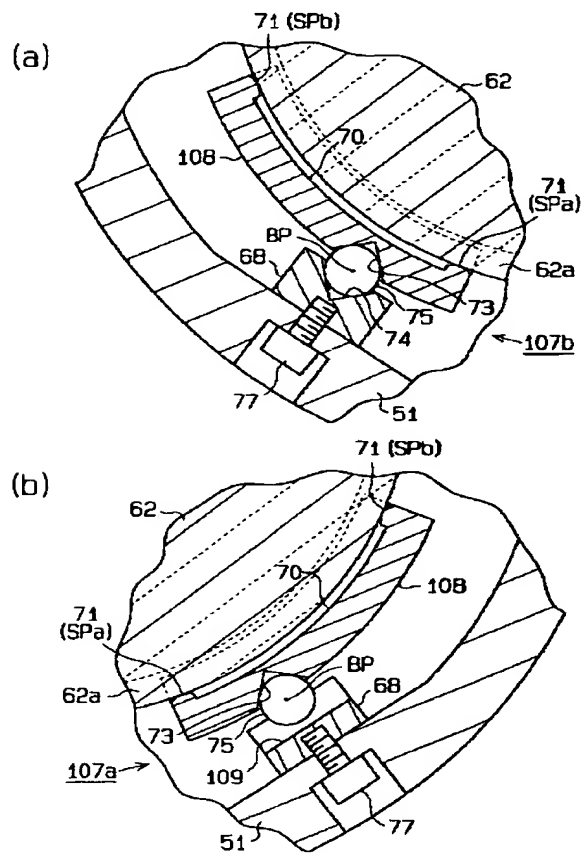
【図17】



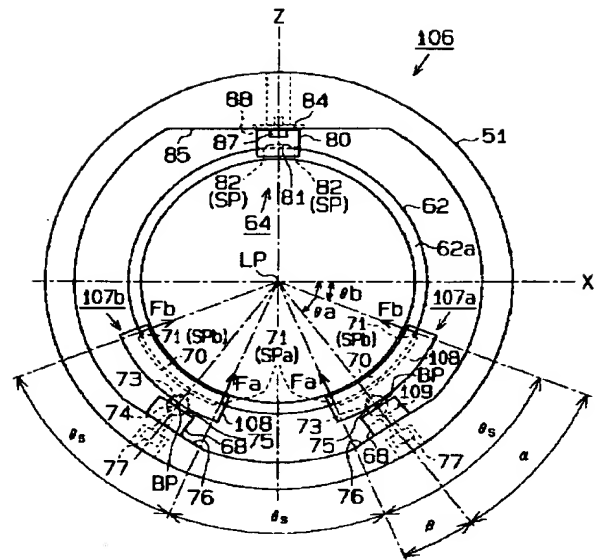
【図 9】



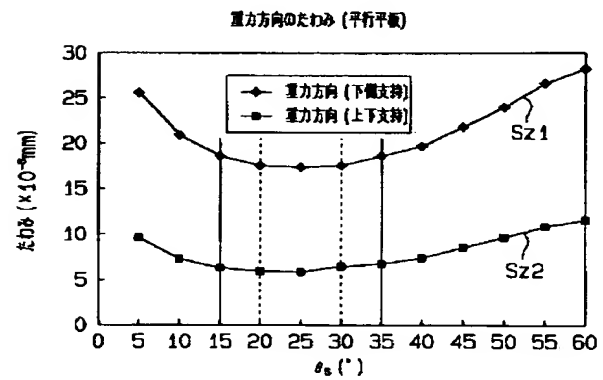
【図 12】



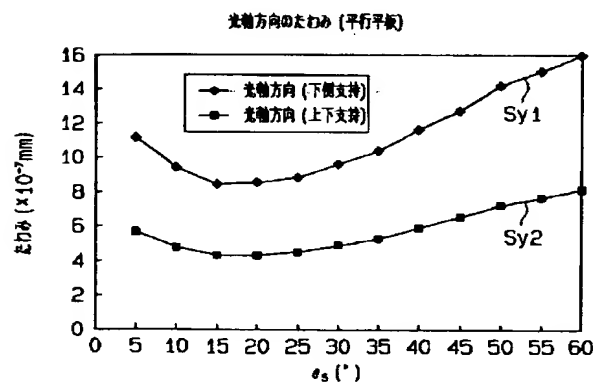
【図 11】



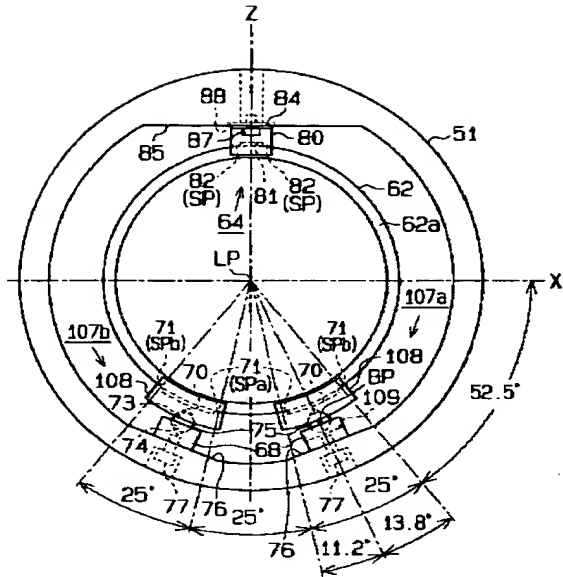
【図 13】



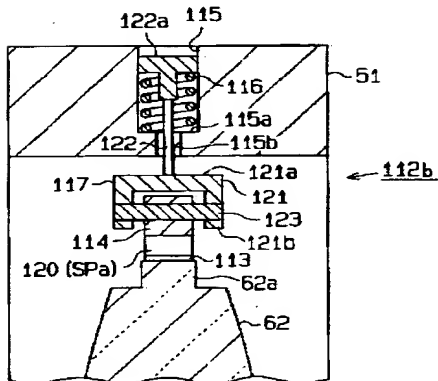
【図 14】



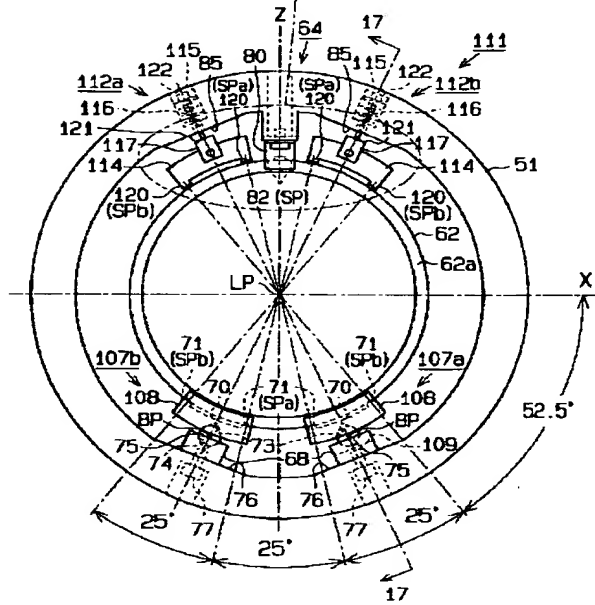
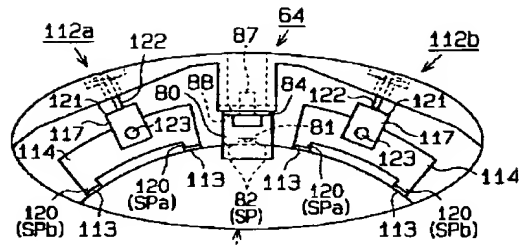
【図 15】



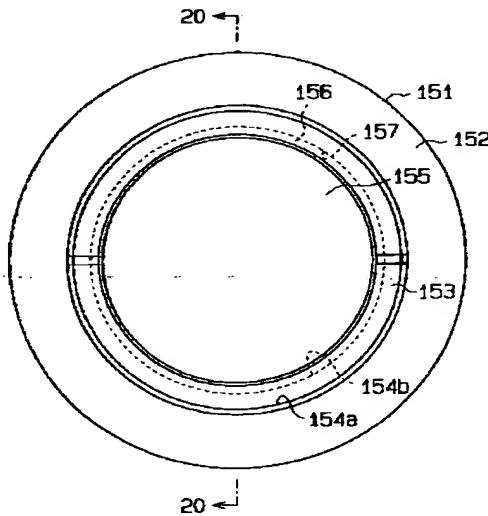
【図 18】



【図 16】



【図 19】



【図 20】

